



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIEROS EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FLUJO DE AIRE EN UNA CULATA
ESTÁNDAR Y UNA PREPARADA DE UN MOTOR GRAND VITARA
1600 CC SOHC”**

AUTORES: DIEGO ARMANDO CHICAIZA SÁNCHEZ

MAICOL JHONATAN LÓPEZ PINEDA

DIRECTOR: MSc. FAUSTO TAPIA

IBARRA – ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100352054-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CHICAIZA SÁNCHEZ DIEGO ARMANDO		
DIRECCIÓN:	OTAVALO – JACINTO COLLAHUAZO 1 ^{RA} ETAPA. CALLE ANDRÉS CANDO Y MARÍA PIJAL		
E-MAIL:	dachicaizas@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(06)2- 922 128	TELÉFONO MÓVIL:	0969902537
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FLUJO DE AIRE EN UNA CULATA ESTÁNDAR Y UNA PREPARADA DE UN MOTOR GRAND VITARA 1600 CC SOHC”		
AUTOR:	CHICAIZA SÁNCHEZ DIEGO ARMANDO		
FECHA:	JULIO DEL 2017		
PROGRAMA:	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR/DIRECTOR:	MSC. FAUSTO TAPIA		

Por medio del presente documento depongo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100378679-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	LÓPEZ PINEDA MAICOL JHONATAN		
DIRECCIÓN:	IBARRA – EL SAGRARIO. CALLE GALO PLAZA LASSO Y OLIMPIA GUDIÑO		
E-MAIL:	mjlopezp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(06) 2- 943 084	TELÉFONO MÓVIL:	0983263586
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FLUJO DE AIRE EN UNA CULATA ESTÁNDAR Y UNA PREPARADA DE UN MOTOR GRAND VITARA 1600 CC SOHC”		
AUTOR:	LÓPEZ PINEDA MAICOL JHONATAN		
FECHA: AAAAMMDD	JULIO DEL 2017		
PROGRAMA:	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR/DIRECTOR:	MSC. FAUSTO TAPIA		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.

Nosotros, Diego Armando Chicaiza Sánchez, cédula de identidad **100352054-9** y Maicol Jhonatan López Pineda, cédula de identidad **100378679-3**, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrita anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Firma: 

Nombre: Diego Armando Chicaiza Sánchez

Cédula: 100352054-9

Firma: 

Nombre: Maicol Jhonatan López Pineda


Cédula: 100378679-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

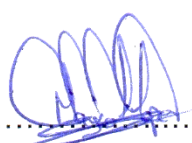
**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Nosotros, Diego Armando Chicaiza Sánchez, cédula de identidad **100352054-9** y Maicol Jhonatan López Pineda, cédula de identidad **100378679-3**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL FLUJO DE AIRE EN UNA CULATA ESTÁNDAR Y UNA PREPARADA DE UN MOTOR GRAND VITARA 1600 CC SOHC”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIEROS EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:

Nombre: Diego Armando Chicaiza Sánchez

Cédula: 100352054-9

Firma:

Nombre: Maicol Jhonatan López Pineda

Cédula: 100378679-3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por los señores:
Chicaiza Sánchez Diego Armando y López Pineda Maicol Jhonatan como
requerimiento para la obtención del título de **INGENIEROS EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ**.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Fausto Tapia", is positioned above a horizontal line.

MSc. Fausto Tapia
DIRECTOR DEL TESIS DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a mis padres, quienes desde el comienzo, hasta el final de mi vida estudiantil siempre confiaron y me apoyaron totalmente, quienes con sus palabras me daban aliento para seguir adelante y cada día ser una persona mejor.

A mis hermanos y hermanas quienes siempre me aconsejaron y me guiaron por el camino correcto.

A mi novia Jessenia, quien desde el momento en el que la conocí me brindó su apoyo, el cual fue de mucha importancia para la culminación de mi carrera universitaria.

Diego Armando Chicaiza Sánchez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

Con mucho amor a mis padres que me dieron la vida porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y sus consejos para hacer de mí una mejor persona. A mis hermanos por sus palabras y acompañamiento.

A mi novia y mi hijo por su amor y apoyo incondicional en cada momento difícil, por sus palabras de aliento y confianza a cada paso y brindarme el tiempo necesario para formarme profesionalmente.

A mis amigos y compañeros por sus consejos que de una u otra manera han contribuido para concluir la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Maicol Jhonatan López Pineda



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte por darnos la oportunidad de estudiar y obtener nuestro título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Al MSc. Fausto Tapia por haber confiado en nosotros y a vernos servido como guía para finalizar nuestro tema de tesis.

A todos los profesores que durante toda la carrera universitaria nos enseñaron y aportaron todos sus conocimientos para formarnos como excelentes profesionales.

Diego Armando Chicaiza Sánchez

Maicol Jhonatan López Pineda

RESUMEN

El presente estudio tiene como principal propósito poder cuantificar y verificar el aumento de flujo de aire que existe al sobredimensionar los conductos de admisión y escape de una culata, además conocer las ventajas que conlleva realizar este trabajo con equipos apropiados, dejando un lado la forma empírica que siempre se ha mantenido en nuestro medio.

Este estudio se desarrolla haciendo una comparativa del flujo de aire que existe entre una culata estándar y una preparada, además detallar los resultados de potencia y torque que posee el vehículo con cada culata, los mismos que serán debidamente comprobados en el equipo de comprobación de flujo, en el dinamómetro de rodillos y en el software de gráfico y simulación Solidworks.

Con el desarrollo de esta investigación se demuestra que el equipo de comprobación de flujo puede cuantificar con datos reales y exactos el aumento de flujo de aire que existe al sobredimensionar los conductos de admisión y escape de la culata, de igual forma permite mantener un flujo uniforme en todos los cilindros, siendo este un equipo esencial que permite ahorrar costos y tiempo al realizar un sobredimensionamiento de conductos.

El objetivo de esta investigación es poder conocer en qué porcentaje aumentara el rendimiento del vehículo, sobredimensionando los conductos de admisión y escape de la culata utilizando equipos apropiados de medición que puedan facilitar y sustentar este trabajo, siendo esta la forma más conocida en la cual se puede ganar potencia en el motor.

ABSTRACT

The main purpose of this research is to be able to quantify and verify the increase in air flow that exists when oversizing the inlet and exhaust ducts of a cylinder head, in addition to know the advantages of carrying out this work with appropriate equipment, leaving aside the empirical form which has always remained in our midst.

This study is developed by comparing the air flow between a standard cylinder head and a prepared one, in addition to detail the power and torque results of the vehicle with each cylinder head, which will be properly checked in the flow checking equipment, in the roller dynamometer and in Solidworks graphing and simulation software.

With the development of this research it is demonstrated that the flow check equipment can quantify with real and exact data the increase of air flow that exists when oversizing the inlet and exhaust ducts of the cylinder head, in the same way it allows to maintain a uniform flow in all the cylinders, being this an essential equipment that allows to save costs and time when realizing an oversizing of conduits.

The objective of this research is to know in what percentage increase the performance of the vehicle, oversizing the intake and exhaust ducts of the cylinder head using appropriate measuring equipment that can facilitate and sustain this work, this being the most known form in which can gain power in the engine.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza con el propósito de aportar conocimientos prácticos y teóricos para el sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape de la culata del vehículo Grand Vitara 1600cc SOHC, utilizando herramientas y equipos apropiados que nos permiten cuantificar y verificar si este trucaje de culata está bien realizado.

El presente tema de investigación consta de 6 capítulos:

En el primer capítulo se presenta la contextualización del problema, que está conformado por el antecedente, planteamiento del problema, objetivo general, objetivos específicos, y por último la justificación.

En el segundo capítulo trata acerca del marco teórico de la investigación, en la cual se define conceptos utilizados referentes al tema, es así que se define el concepto del cabezote, materiales de fabricación, trucaje de culata, equipo de comprobación de flujo para culatas, pruebas de flujo, y para finalizar el capítulo se aborda conceptos del software Solidworks, herramienta que sirve de gran ayuda en el campo automotriz para diseñar y simular, y que a la vez genera datos exactos y reales.

En el tercer capítulo se indica todo referente al desarrollo de la propuesta, en primera instancia se realiza una prueba de potencia del vehículo en estudio en un dinamómetro de rodillos, a continuación se detalla todo el procedimiento de desmontaje de la culata, seguidamente se realiza la prueba de flujo de la culata estándar utilizando el equipo de comprobación de flujo, luego se extrae las medidas de la culata para poder graficar y simular el paso de aire que existe en la culata estándar en el software Solidworks, toda esta parte se realiza con el fin de conocer los valores estándar que posee el vehículo en estudio, en la segunda parte se realiza el trucaje de la culata, sobredimensionando los conductos tanto de admisión como de escape, realizando diferentes pruebas de flujo y verificando el aumento que existe, además de mantener el flujo de aire uniforme en todos los conductos, una vez finalizado el sobredimensionamiento de conductos, también se extrae las medidas de la culata preparada para ser graficada en el software

Solidworks, en la tercera parte se simula mediante el módulo Flow Simulation el flujo de aire que pasa por la culata preparada, al final del capítulo se realiza una prueba de potencia en el dinamómetro utilizando la culata preparada para observar la diferencia que existe en el vehículo de estudio.

En el cuarto capítulo se presenta los resultados obtenidos con el equipo de comprobación de flujo para culatas, los datos obtenidos de la simulación del paso del flujo de aire en la culata estándar y la culata preparada utilizando Solidworks, las pruebas de potencia en el vehículo utilizando el dinamómetro, con el fin de poder evidenciar cada una de las diferencias que se obtiene al realizar un sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape de la culata.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que fueron producto de la investigación realizada, además la bibliografía consultada y anexos que evidencien la realización de la investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	V
CERTIFICACIÓN.....	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABLAS	XXIII
CAPÍTULO I	1
1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL.....	2
1.5 OBJETIVOS	2
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.6 JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO II	4
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 EL MOTOR DE GASOLINA DE CUATRO TIEMPOS.....	4
2.2 CICLOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR	4
2.3 DIÁMETRO DEL CILINDRO Y CARRERA	5
2.4 CILINDRADA UNITARIA.....	6
2.5 CILINDRADA TOTAL	6

2.6 MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN	7
2.7 RELACIÓN DE COMPRESIÓN	7
2.8 POTENCIA	8
2.9 PAR MOTOR (TORQUE).....	8
2.10 COMPARACIÓN DEL PAR CON POTENCIA	8
2.11 REVOLUCIONES DEL MOTOR (N)	9
2.12 CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE	9
2.13 CABEZOTE O CULATA	9
2.14 MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE LA CULATA	10
2.14.1 ALEACIÓN DE ALUMINIO	10
2.14.2 HIERRO FUNDIDO	11
2.15 TIPOS DE CULATAS	11
2.15.1 POR LA CÁMARA DE COMPRESIÓN	11
2.15.2 POR LA TÉCNICA DE INTERCAMBIO DE GAS	14
2.15.3 TIPOS DE CULATAS SEGÚN EL NÚMERO DE VÁLVULAS EN EL CILINDRO	15
2.15.4 TIPOS DE CULATAS SEGÚN EL ÁRBOL DE LEVAS.....	17
2.16 COMPONENTES DE UNA CULATA	18
2.17 TRUCAJE DE CULATAS	20
2.17.1 DEFINICIÓN DE PREPARACIÓN DE UNA CULATA	21
2.17.2 CONDICIONES IDEALES DEL CONDUCTO DE ADMISIÓN	21
2.17.3 CONDICIONES IDEALES QUE DEBE POSEER EL CONDUCTO DE ESCAPE	22
2.17.4 RECORTE DE LA SALIENTE DE LA GUÍA DE LA VÁLVULA	23
2.18 MECÁNICA DE FLUIDOS.....	23
2.19 FLUIDOS	23
2.20 TIPOS DE FLUIDOS	23
2.21 TIPOS DE FLUJO	24
2.21.1 FLUJO LAMINAR	24
2.21.2 FLUJO TURBULENTO.....	24
2.22 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	25

2.23 EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	25
2.24 ¿QUÉ ES UNA PRUEBA DE FLUJO?	26
2.25 SOFTWARE DE CAD EN 3D SOLIDWORKS	26
2.26 SOLIDWORKS FLOW SIMULATION	27
2.27 DINAMÓMETRO AUTOMOTRIZ	28
CAPÍTULO III	29
3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	29
3.1 DIAGNÓSTICO DEL VEHÍCULO GRAND VITARA 1600	29
3.2 PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA ESTÁNDAR UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO	29
3.3 CURVAS DE POTENCIA Y TORQUE	31
3.4 DESMONTAJE DE LA CULATA	33
3.4.1 DESMONTAJE DE TEMPLADOR Y BANDA DE DISTRIBUCIÓN	33
3.4.2 DESMONTAJE DE COLECTOR DE ADMISIÓN, CUERPO DE ACELERACIÓN, DEPURADOR / FILTRO Y FLAUTA DE INYECTORES	35
3.4.3 DESMONTAJE DEL COLECTOR DE ESCAPE	35
3.4.4 DESMONTAJE ÁRBOL DE LEVAS	36
3.4.5 DESMONTAJE DE LA CULATA DEL MOTOR	37
3.4.6 DESMONTAJE DE BALANCINES	37
3.4.7 DESMONTAJE DE VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE	38
3.5 DIAGNÓSTICO DE CULATA	38
3.5.1 COMPROBACIÓN DE PLANICIDAD DE LA CULATA	38
3.6 EXTRACCIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA CULATA ESTÁNDAR	39
3.7 GRÁFICA DE LA CULATA ESTÁNDAR UTILIZANDO EL SOFTWARE "SOLIDWORKS"	41
3.8 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO	43
3.9 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	45
3.10 PRUEBAS DE FLUJO EN LA CULATA ESTÁNDAR MEDIANTE UN EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	46

3.10.1 PASOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE FLUJO DE UNA CULATA.....	46
3.10.2 PRUEBA DE FLUJO EN EL PRIMER CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”	46
3.10.3 PRUEBA DE FLUJO EN EL SEGUNDO CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”	47
3.10.4 PRUEBA DE FLUJO EN EL TERCER CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”	48
3.10.5 PRUEBA DE FLUJO EN EL CUARTO CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”	49
3.11 TRUCAJE DE LOS CONDUCTOS DE ADMISIÓN Y ESCAPE DE LA CULATA	50
3.11.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA PREPARACIÓN DE LA CULATA	50
3.12 EXTRACCIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA CULATA PREPARADA	53
3.13 GRÁFICA DE LA CULATA PREPARADA EN EL SOFTWARE “SOLIDWORKS”	54
3.14 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO	56
3.15 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	57
3.16 PRUEBAS DE FLUJO EN LA CULATA PREPARADA MEDIANTE UN EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	58
3.16.1 PRUEBA DE FLUJO EN EL PRIMER CONDUCTO “CULATA PREPARADA”	58
3.16.2 PRUEBA DE FLUJO EN EL SEGUNDO CONDUCTO “CULATA PREPARADA”	59
3.16.3 PRUEBA DE FLUJO EN EL TERCER CONDUCTO “CULATA PREPARADA”	60
3.16.4 PRUEBA DE FLUJO EN EL CUARTO CONDUCTO “CULATA PREPARADA”	61
3.17 MONTAJE DE LA CULATA PREPARADA	62
3.17.1 MONTAJE DE VÁLVULAS, RESORTES Y SEGUROS	62
3.17.2 MONTAJE DE BALANCINES Y RIEL	62
3.17.3 MONTAJE DE LA CULATA AL BLOCK.....	63
3.17.4 MONTAJE DE ÁRBOL DE LEVAS	63
3.17.5 MONTAJE DE BANDA DENTADA DE DISTRIBUCIÓN Y TEMPLADOR	64
3.17.6 MONTAJE DE COLECTOR DE ESCAPE	64
3.17.7 MONTAJE DE COLECTOR DE ADMISIÓN, CUERPO DE ACELERACIÓN, DEPURADOR / FILTRO Y FLAUTA DE INYECTORES.....	65
3.17.8 MONTAJE DE BANDAS DE ACCESORIOS Y EL CABLE ACELERADOR	65
3.17.9 MONTAJE DE TAPA VÁLVULAS Y CONEXIÓN DE SENSORES	66

3.18 PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA PREPARADA UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO	66
3.18.1 CURVAS DE POTENCIA Y TORQUE	68
CAPÍTULO IV	70
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
4.1 RESULTADOS COMPARATIVOS DE LA CULATA ESTÁNDAR VS CULATA PREPARADA DEL VEHÍCULO GRAND VITARA 1600CC SOHC	70
4.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLUJO DE LA CULATA ESTÁNDAR MEDIANTE EL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	71
4.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLUJO DE LA CULATA PREPARADA MEDIANTE EL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	71
4.4 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE LA CULATA ESTÁNDAR	72
4.5 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE LA CULATA PREPARADA.....	74
4.6 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO	77
4.7 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO.....	78
4.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	79
4.9 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS	80
4.10 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA ESTÁNDAR UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO	81
4.11 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA PREPARADA UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO.....	82
4.12 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CULATA ESTÁNDAR VS CULATA PREPARADA	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Motor de ciclo Otto.	4
FIGURA 2: Fases de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos.	5
FIGURA 3: Diámetro y Carrera.	5
FIGURA 4: Medición del volumen de la cámara de combustión.	7
FIGURA 5: Curva de par y potencia para un determinado vehículo.	9
FIGURA 6: Culata.	10
FIGURA 7: Cámara alargada.	11
FIGURA 8: Cámara de bañera.	12
FIGURA 9: Cámara cilíndrica.	13
FIGURA 10: Cámara hemisférica.	13
FIGURA 11: Culata con dos válvulas.	15
FIGURA 12: Culata con tres válvulas.	15
FIGURA 13: Culata con cuatro válvulas.	16
FIGURA 14: Culata con cinco válvulas.	16
FIGURA 15: Componentes de un Motor SOHC.	17
FIGURA 16: Componentes de un Motor DOHC.	18
FIGURA 17: Válvula y resorte.	19
FIGURA 18: Árbol de levas.	20
FIGURA 19: Diseño ideal de un conducto de admisión.	22
FIGURA 20: Conducto de escape ideal.	22
FIGURA 21: Recorte de la saliente de la guía de la válvula.	23
FIGURA 22: Flujo laminar.	24
FIGURA 23: Flujo turbulento.	25
FIGURA 24: Ecuación de continuidad.	25
FIGURA 25: SolidWorks.	27
FIGURA 26: SolidWorks Flow Simulation.	27
FIGURA 27: Banco de rodillos.	28
FIGURA 28: Grand Vitara 1600cc SOHC sobre rodillos del Dinamómetro.	30

FIGURA 29: Ingreso de información del vehículo en el dinamómetro.	30
FIGURA 30: Curvas de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro.....	31
FIGURA 31: Desmontaje tapa válvulas.	33
FIGURA 32: Puesta a punto.	34
FIGURA 33: Componentes del sistema de distribución.	34
FIGURA 34: Desmontaje del colector de admisión, mangueras y sensores.....	35
FIGURA 35: Colector escape Grand Vitara.	36
FIGURA 36: Desmontaje de árbol de levas junto a polea dentada.	36
FIGURA 37: Culata desmontada del motor.	37
FIGURA 38: Desmontaje de balancines.	37
FIGURA 39: Desmontaje de todos los componentes instalados en la culata.	38
FIGURA 40: Árbol de levas en perfectas condiciones.....	39
FIGURA 41: Medidas del conducto de admisión y escape estándar.	39
FIGURA 42: Medida del volumen del conducto de admisión estándar.	40
FIGURA 43: Medida del volumen del conducto de escape estándar.....	40
FIGURA 44: Gráfica de la culata estándar vista superior.....	41
FIGURA 45: Gráfica de la culata estándar vista inferior.....	41
FIGURA 46: Volumen del conducto de admisión estándar.	42
FIGURA 47: Volumen del conducto de escape estándar.....	42
FIGURA 48: Trayectoria del aire en los conductos de la culata estándar basado en el funcionamiento de un vehículo.....	43
FIGURA 49: Simulación del paso de aire de la culata estándar.	43
FIGURA 50: Datos del escáner del vehículo Grand Vitara.	44
FIGURA 51: Trayectoria del aire en los conductos de la culata estándar basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.	45
FIGURA 52: Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas.....	45
FIGURA 53: Prueba de flujo en el primer conducto “culata estándar”	46
FIGURA 54: Prueba de flujo en el segundo conducto “culata estándar”.....	47
FIGURA 55: Prueba de flujo en el tercer conducto “culata estándar”	48

FIGURA 56: Prueba de flujo en el cuarto conducto “culata estándar”	49
FIGURA 57: Toma de medidas en conductos de admisión.	50
FIGURA 58: Toma de medidas en conductos de escape.	50
FIGURA 59: Señalización con tinta en conductos de admisión y escape.....	51
FIGURA 60: Truque de conductos de admisión y escape.	51
FIGURA 61: Guías de las válvulas.	52
FIGURA 62: Recorte de guías de las válvulas.	52
FIGURA 63: Conductos de admisión lisos después de utilizar las gratas.	52
FIGURA 64: Conductos de escape lisos después de utilizar las gratas.	53
FIGURA 65: Medida de conductos de admisión y escape.	53
FIGURA 66: Medida del volumen del conducto de admisión preparado.....	54
FIGURA 67: Medida del volumen del conducto de escape preparado.	54
FIGURA 68: Gráfica de la culata preparada vista lateral.	54
FIGURA 69: Gráfica de la culata preparada vista inferior.	55
FIGURA 70: Volumen del conducto de admisión preparado.....	55
FIGURA 71: Volumen del conducto de escape preparado.	56
FIGURA 72: Simulación del paso de aire en la culata preparada.	56
FIGURA 73: Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas.....	57
FIGURA 74: Prueba de flujo en el primer conducto “culata preparada”	58
FIGURA 75: Prueba de flujo en el segundo conducto “culata preparada”	59
FIGURA 76: Prueba de flujo en el tercer conducto “culata preparada”	60
FIGURA 77: Prueba de flujo en el cuarto conducto “culata preparada”	61
FIGURA 78: Montaje de válvulas, resortes y seguros.....	62
FIGURA 79: Montaje de balancines y riel.....	63
FIGURA 80: Montaje de la culata al block.....	63
FIGURA 81: Montaje del árbol de levas.	64
FIGURA 82: Montaje de banda dentada de distribución y templador.	64
FIGURA 83: Montaje de colector de escape.	65
FIGURA 84: Montaje de colector de admisión y cuerpo de aceleración.	65

FIGURA 85: Instalación ventilador y bandas de accesorios.	66
FIGURA 86: Montaje de culata terminado.	66
FIGURA 87: Grand Vitara 1600cc SOHC sobre rodillos del Dinamómetro.	67
FIGURA 88: Ingreso de información en el software del Dinamómetro.	67
FIGURA 89: Curvas de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro.	68
FIGURA 90: Resultados de la prueba de flujo de la culata estándar.	71
FIGURA 91: Resultados de la prueba de flujo de la culata preparada.	71
FIGURA 92: Resultado del volumen de conductos estándar	72
FIGURA 93: Resultado del volumen de admisión estándar.	73
FIGURA 94: Resultado del volumen de escape estándar.	74
FIGURA 95: Resultado del volumen de conductos preparados.	74
FIGURA 96: Resultado del volumen de admisión preparado.	75
FIGURA 97: Resultado del volumen de escape preparado.	76
FIGURA 98: Resultados de la simulación de la culata estándar, basada en el funcionamiento del vehículo.	77
FIGURA 99: Resultados de la simulación de la culata preparada, basado en el funcionamiento del vehículo	78
FIGURA 100: Resultados de la simulación de la culata estándar basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.	79
FIGURA 101: Resultados de la simulación de la culata preparada basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.	80
FIGURA 102: Resultados de potencia y torque con culata estándar.	81
FIGURA 103: Resultados de potencia y torque con culata preparada.	82
FIGURA 104: Comparación de resultados estándar vs preparado.	83

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Datos técnicos del vehículo Grand Vitara.....	29
TABLA 2: Parámetros del motor Grand Vitara 1600cc SOHC.....	32
TABLA 3: Datos de la prueba del primer conducto “culata estándar”	47
TABLA 4: Datos de la prueba del segundo conducto “culata estándar”	47
TABLA 5: Datos de la prueba del tercer conducto “culata estándar”	48
TABLA 6: Datos de la prueba del cuarto conducto “culata estándar”	49
TABLA 7: Datos de la prueba del primer conducto “culata preparada”	58
TABLA 8: Datos de la prueba del segundo conducto “culata preparada”	59
TABLA 9: Datos de la prueba del tercer conducto “culata preparada”	60
TABLA 10: Datos de la prueba del cuarto conducto “culata preparada”	61
TABLA 11: Parámetros del motor Grand Vitara 1600cc SOHC.....	69
TABLA 12: Comparativa de resultados culata estándar vs culata preparada.	70
TABLA 13: Resultado de medición del volumen estándar.	73
TABLA 14: Resultado de medición del volumen estándar en Solidworks.	73
TABLA 15: Resultado de medición del volumen estándar en Solidworks.	74
TABLA 16: Resultado de medición del volumen preparado.	75
TABLA 17: Resultado de medición del volumen preparado en Solidworks.....	75
TABLA 18: Resultado de medición del volumen preparado en Solidworks.....	76

CAPÍTULO I

1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

La culata es un componente del motor la cual posee en su interior partes móviles y fijas que trabajan sincronizadamente, cuya función es permitir el ingreso y la salida de los gases de la cámara de combustión. Con el propósito de mejorar el rendimiento del motor a combustión interna se sobredimensionan los conductos de admisión y escape, buscando mejorar el ingreso del flujo de aire hacia las cámaras y por consecuencia obtener un mejor rendimiento del vehículo.

Estudios realizados en la Universidad Internacional del Ecuador, que tienen como finalidad poder hacer comprobable los trabajos de mejoramiento, ampliación y pulido en los conductos de admisión de una culata para así aumentar la eficiencia de llenado de la cámara de combustión, por consiguiente tener un aumento en el rendimiento volumétrico de un motor atmosférico (Frank Gavilánez, 2014).

Estudios realizados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, dedicado al tema general de mecánica de motores de competición, en el sentido de la transformación de los motores en serie logrando el máximo rendimiento del motor, de modo que pueda elevar su potencia hasta valores aptos para ser incorporados en los vehículos de competición (Franklin Martinez, 2012).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día el problema con el trucaje de las culatas es que cuando se sobredimensionan los conductos de admisión y conductos de escape, se realizan de manera empírica y sin saber que esto puede producir un problema irreversible al no obtener los resultados esperados. La culata al ser un elemento muy importante referente al aumento de potencia del motor, se debería trabajar con herramientas y máquinas de medición o comprobación que sustenten sus mejoras.

Por esta razón se ve la necesidad de realizar un estudio de sobredimensionamiento de conductos de admisión y escape de la culata, utilizando herramientas y equipos que permitan cuantificar y verificar el trabajo de trucaje de la culata, además de poder mantener un flujo uniforme en todos los conductos, para que de esta manera trabajen todos los cilindros por igual y ninguno genere pérdidas de potencia al vehículo.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo analizar, comparar y medir el flujo de aire en una culata estándar y una preparada de un motor Grand Vitara 1600 cc SOHC?

1.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL

Este proyecto se llevará a cabo desde el mes de septiembre hasta el mes de julio en la Universidad Técnica del Norte.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar y comparar el flujo de aire en una culata estándar y una preparada de un motor Grand Vitara 1600 cc SOHC”

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas de flujo de aire de la culata estándar mediante un equipo de comprobación de flujo para culatas.
- Preparar la culata sobredimensionando los conductos de admisión y escape.
- Realizar pruebas de flujo de aire de la culata preparada mediante un equipo de comprobación de flujo para culatas.
- Graficar y simular el flujo de aire de la culata estándar y preparada utilizando el software “SOLIDWORKS”.
- Comparar los resultados obtenidos de la culata estándar y preparada tanto en el equipo de comprobación de flujo y el dinamómetro.

1.6 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se puede evidenciar el crecimiento de la sociedad en general por las carreras de vehículos en nuestro país, siendo los más practicados: rally, trepada de montaña, 4x4, circuito entre otras, los cuales buscan obtener el mejor rendimiento del motor al sobredimensionar los conductos de admisión y escape de la culata, trabajo que hasta hoy en día se lo sigue realizando de manera empírica, debido a que las personas quienes se dedican a preparar motores desconocen y a la vez no poseen equipos apropiados que puedan cuantificar y verificar el sobredimensionamiento de conductos, la única manera en la que estas personas pueden cuantificar es en una pista esperando a que el vehículo pueda desarrollar mayor potencia, siendo esta la forma tradicional que se ha mantenido por años.

El desarrollo de este estudio se enfoca en la utilización de herramientas y equipos que cuantifiquen en porcentaje las mejoras que se obtiene al sobredimensionar los conductos de admisión y escape de la culata y a la vez nos permitan mantener un flujo uniforme en todos los cilindros, dejando atrás la forma empírica que siempre se ha mantenido en nuestro medio.

Al utilizar este equipo que nos permita cuantificar podemos hacer una comparativa de flujo de aire en la culata estándar y en la culata preparada, con el fin de poder sustentar el aumento de potencia por el aumento del rendimiento volumétrico que posee el motor.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 EL MOTOR DE GASOLINA DE CUATRO TIEMPOS

El motor a gasolina de 4 tiempos es un motor alternativo, en el cual una mezcla de aire combustible es aspirada hacia el interior de un cilindro para posteriormente ser comprimida mediante el uso de un elemento mecánico llamado pistón. Con la ayuda de una chispa generada por una bujía, dicha mezcla es encendida, generando la energía que será utilizada para el movimiento del vehículo (Ramirez Cifuentes, 2013).



FIGURA 1: Motor de ciclo Otto.

Fuente: (Calleja D. G., 2015)

2.2 CICLOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR

Un motor de cuatro tiempos realiza su ciclo de trabajo en cuatro carreras del pistón. Cada carrera es un movimiento del pistón del PMS al PMI o viceversa, por tanto, cada carrera es un tiempo. Los cuatro tiempos necesarios para hacer el ciclo son los siguientes: (Calleja D. G., Motores, 2011).

- Admisión (carga de aire y combustible en el cilindro)
- Compresión (mezcla aire-combustible)

- Explosión (por medio de chispa se produce la quema de la mezcla instantáneamente)
- Escape (gases quemados producto de la combustión)

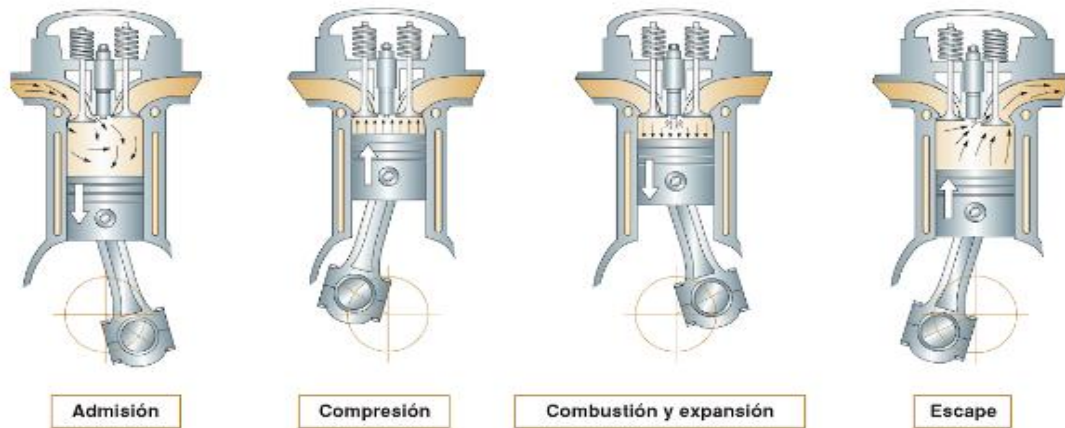


FIGURA 2: Fases de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos.

Fuente: (Sanz, 2011)

2.3 DIÁMETRO DEL CILINDRO Y CARRERA

Se entiende por diámetro del cilindro a su diámetro inferior (D). Viene determinado por una recta que pasa por el centro de la circunferencia del cilindro y acaba en ambas paredes de este. La carrera es el recorrido que realiza el pistón desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI). Estas dos características se indican generalmente en milímetros (Ferrer & Checa, 2013).



FIGURA 3: Diámetro y Carrera.

Fuente: (Ferrer & Checa, 2013)

2.4 CILINDRADA UNITARIA

La cilindrada es el volumen en cm³ o litros que desplaza el pistón en su carrera desde el punto muerto inferior (PMI) hasta el punto muerto superior (PMS). Se calcula mediante la siguiente formula:

$$Cu = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L$$

Ecuación 1

Donde,

Cu = Cilindrada unitaria.

$\pi = 3.1416$

d = Diámetro del cilindro expresado en cm.

L = Carrera del pistón (distancia entre PMS y el PMI) expresado en cm.

2.5 CILINDRADA TOTAL

La cilindrada total es la suma de las cilindradas unitarias de todos los cilindros que tiene el motor y se mide en cm³ o litros. Se calcula aplicando la siguiente formula:

$$Ct = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot n^{\circ}$$

Ecuación 2

Donde,

Cu = Cilindrada unitaria.

$\pi = 3.1416$

d = Diámetro del cilindro expresado en cm.

L = Carrera del pistón (distancia entre PMS y el PMI) expresado en cm.

n° = Número de cilindros.

2.6 MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Para medir el volumen de la cámara de combustión se montan las válvulas y las bujías, se coloca la culata boca arriba y con el plano de la junta nivelado. Después se pone encima de cada cámara una placa de plástico rígido transparente con un orificio. Para asegurar la hermeticidad se aplica grasa en los bordes. Posteriormente se introduce aceite fluido desde una probeta graduada y se mide el volumen introduciendo hasta enraizar con el orificio (Calleja D. G., Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares , 2015).

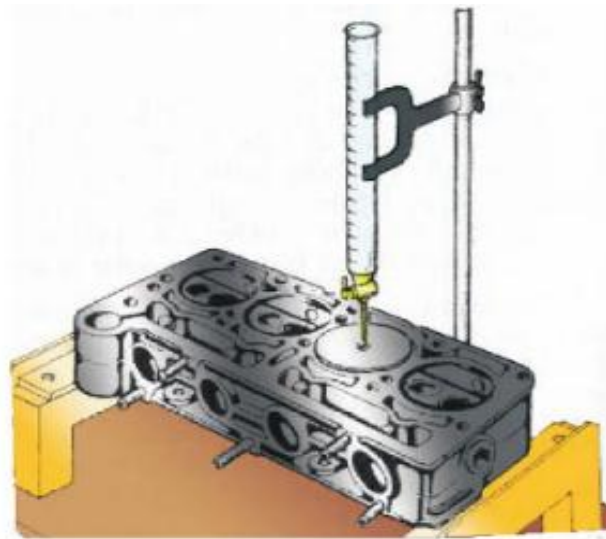


FIGURA 4: Medición del volumen de la cámara de combustión.

Fuente: (Calleja D. G., Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares , 2015)

2.7 RELACIÓN DE COMPRESIÓN

Cuando se produce el tiempo de admisión, se llena el volumen del cilindro y el de la cámara de compresión, una vez concluido el tiempo los gases se comprimen y se reducen al espacio de la cámara de compresión. Se llama relación de compresión (R_c) a la relación que existe el volumen teórico admitido y el comprimido y viene expresado con un número (Eduardo Águeda, 2014).

$$R_c = \frac{V_u + V_c}{V_c}$$

Ecuación 3

Donde,

R_c = Relación de compresión (expresada con un número)

V_u = Volumen unitario. El volumen de un solo cilindro. Para calcularlo simplemente hay que anular en la fórmula de la cilindrada.

V_c = Volumen de la cámara de compresión.

2.8 POTENCIA

Se define a la potencia como la velocidad a la cual realiza un trabajo. Dado así, la potencia de una máquina es igual al trabajo desarrollado por esta máquina, dividida por el tiempo empleado. La unidad de potencia es el Watt (vatios), el Caballo de Vapor (CV) o el Caballo de fuerza (HP). En el motor la potencia desarrollada es la encargada de proporcionar un número determinado de revoluciones. Depende de las características constructivas del motor como son relación de compresión, grado de llenado de los cilindros, la cilindrada, el número de cilindros y las revoluciones a las que gira el motor (Ramirez Cifuentes, 2013).

2.9 PAR MOTOR (TORQUE)

“Torque, momento torsor, cupla motriz etc. Existen muchas denominaciones para referirse al mismo fin. Técnicamente se define como la capacidad que tiene un motor para producir trabajo mecánico. En la práctica, lo que obtenemos incrementando este valor es “Aceleración” (Funes, 2011).

2.10 COMPARACIÓN DEL PAR CON POTENCIA

El par que un motor puede desarrollar varía con la velocidad del motor. Un motor desarrolla un par mayor a velocidades intermedias que a velocidades elevadas ya que a menores velocidades existe más tiempo para que ingrese la mezcla al cilindro y por ende el cigüeñal estará sometido a un mayor par. La potencia aumenta con la velocidad ya que la potencia es directamente proporcional al número de revoluciones por minuto y al par (Ramirez Cifuentes, 2013).

Debido a que el par decrece rápidamente a velocidades elevadas, la potencia también llega a un máximo determinado a partir del cual empieza a decrecer si se continúa aumentando la velocidad. Esta relación puede ser apreciada en el diagrama par - potencia del motor (Ramirez Cifuentes, 2013).

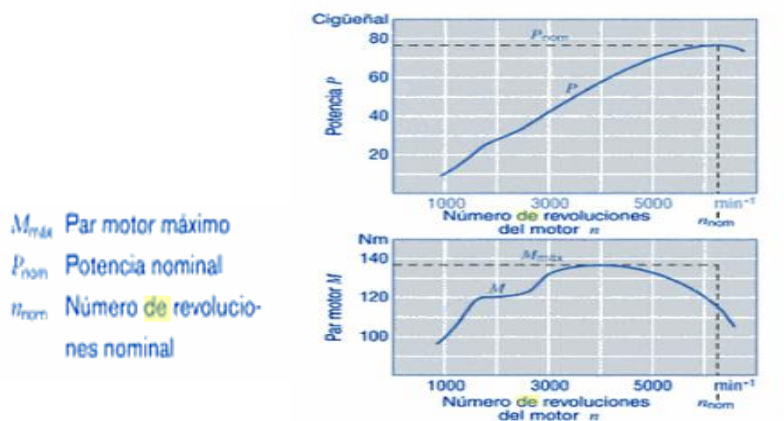


FIGURA 5: Curva de par y potencia para un determinado vehículo.

Fuente: (GmbH, 2002)

Las curvas presentadas en la figura son de un vehículo con motor convencional, cada vehículo genera una distinta curvatura tanto en potencia como en torque.

2.11 REVOLUCIONES DEL MOTOR (N)

En un motor el régimen de giro está limitado por las fuerzas originales de inercia por el movimiento (alternativo) del pistón y del tiempo que le toma la combustión de la mezcla. El llenado correcto de los cilindros está limitado con el número de revoluciones del motor, cuando se genera mayores velocidades, los gases entran más rápido debido al corto tiempo de apertura de las válvulas (Ramirez Cifuentes, 2013).

2.12 CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

Es la relación que existe entre la masa de combustible que se consume durante la combustión y la potencia que a cambio otorga el motor. El consumo específico depende del rendimiento térmico y volumétrico de la combustión. A mayor relación de compresión, el rendimiento térmico aumenta (Ramirez Cifuentes, 2013).

2.13 CABEZOTE O CULATA

La culata se fabrica mediante fundición en molde. La superficie de cierre con el bloque, así como la zona de fijación de los colectores son mecanizadas para obtener un buen acabado superficial que garantice la estanqueidad (Acebes, 2017).



FIGURA 6: Culata.

Fuente: (Calleja D. G., Motores, 2011)

En los primeros motores que empezaron a funcionar se presentaba a las culatas separas del block de cilindros, lo cual no resultaba eficiente en su desempeño, llegando así a la conclusión de unir la culata y el block en un solo cuerpo ganando así mejor rendimiento del motor. La evolución que se ha venido dando desde años atrás en el diseño de la culata se enfoca principalmente en ganar mejor eficiencia y mayor llenado de la cámara de combustión, dado así está ligado claramente con el estudio de flujos.

2.14 MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE LA CULATA

El material utilizado para su fabricación ha pasado de la fundición aleada de hierro (utilizado antiguamente) a las aleaciones ligeras, más concretamente de aluminio, que tienen unas mejores propiedades; conductividad térmica y menor peso, esto ha posibilitado el aumento de la relación de compresión en los modernos motores sin sufrir detonaciones producidas por un exceso de temperatura (Martínez, 2012).

2.14.1 ALEACIÓN DE ALUMINIO

La aleación de aluminio o aleación ligera está compuesta de aluminio, silicio y magnesio, sus principales cualidades son: buena resistencia, peso reducido y gran conductividad térmica, lo que permite alcanzar rápidamente la temperatura de funcionamiento y facilita la refrigeración. Es más propensa a las deformaciones y su precio es más elevado (Acebes, 2017).

2.14.2 HIERRO FUNDIDO

Se suele alear con otros materiales como el cromo y el níquel con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas. Las culatas de fundición de hierro tienen una buena resistencia tanto mecánica como térmica siendo poco propensas a las deformaciones por exceso de temperatura, aunque la conductividad térmica es reducida y por tanto su capacidad para disipar el calor (Calleja D. G., Motores, 2011).

2.15 TIPOS DE CULATAS

Las culatas se dividen en varios tipos, estas variaciones dependen de la construcción y de los elementos que la componen, siendo estas las que se detallan a continuación:

- Por la cámara de compresión.
- Por la técnica de intercambio de gases.
- Según el número de válvulas en el cilindro.
- Según el árbol de levas.

2.15.1 POR LA CÁMARA DE COMPRESIÓN

- **Cámara alargada.**

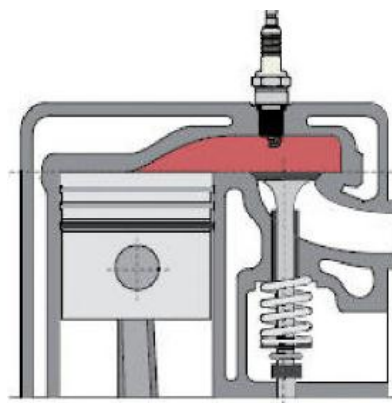


FIGURA 7: Cámara alargada.

Fuente: (Gutiérrez, 2012)

Características:

- Son empleadas generalmente en motores con válvulas laterales. Las válvulas van montadas lateralmente en el bloque.
- Disponen de una amplia superficie interior con zonas separadas del punto de ignición que dan lugar a depósitos de carbonilla y residuos de la combustión que frecuentemente originan el autoencendido.
- Son de gran sencillez y económicas de fabricar.
- Esta configuración se puede encontrar en pequeños motores industriales (Gutiérrez, 2012).
- **Cámara de bañera.**

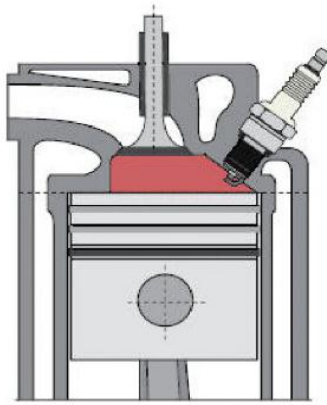


FIGURA 8: Cámara de bañera.

Fuente: (Gutiérrez, 2012)

Características:

- Son empleadas generalmente con válvulas en la culata.
- La bujía está situada lateralmente.
- El recorrido de la chispa es muy corto, agrupa la mayor parte de mezcla cerca de la bujía.
- Limita el exceso de turbulencia del fluido y reduce el riesgo de detonación.
- La entrada de gases frescos producen un efecto soplado sobre la cabeza del émbolo que reduce el picado.
- Reduce el espacio para colocar las válvulas.

- Los motores que equipan este tipo de cámaras suelen tener menos potencia específica que los que equipan cámaras hemisféricas (Gutiérrez, 2012).
- **Cámara cilíndrica.**

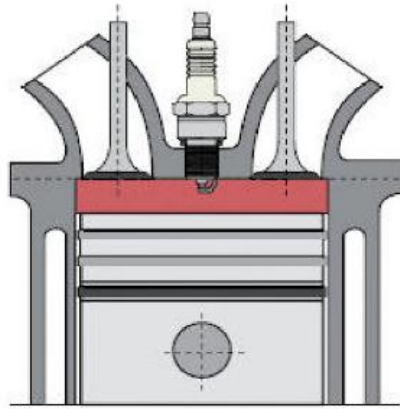


FIGURA 9: Cámara cilíndrica.

Fuente: (Gutiérrez, 2012)

Características:

- Son las más comunes y utilizadas en la actualidad.
- Su diseño es bastante sencillo.
- Fáciles y económica de fabricar.
- Permite que la chispa generada por la bujía desencadene una ignición cercana al punto de máximo rendimiento (Gutiérrez, 2012).
- **Cámara hemisférica.**

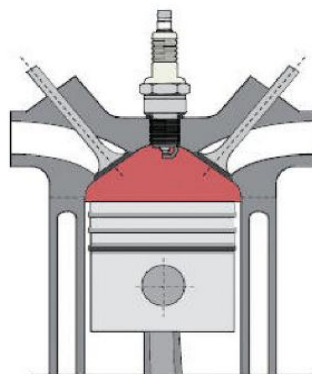


FIGURA 10: Cámara hemisférica.

Fuente: (Gutiérrez, 2012)

Característica:

- Es la que más se aproxima al diseño ideal.
- Se emplean en motores de gran potencia y rendimiento.
- Las válvulas normalmente cuatro están situadas una a cada lado de la cámara y la bujía en la parte central. Favorece la combustión y acorta la llama desde la bujía a la cabeza del embolo.
- Permiten un sobredimensionado de las válvulas. Esto se contrarresta haciendo la cabeza del embolo bombeada, por lo que facilitan el llenado y vaciado de los cilindros.
- Necesita una doble distribución, un árbol de levas para cada fila de válvula, lo que encarece el sistema (Gutiérrez, 2012).

2.15.2 POR LA TÉCNICA DE INTERCAMBIO DE GAS

Las culatas también se clasifican según el intercambio de gases que esta posee, es decir la ubicación tanto de los conductos de admisión como de escape, con el fin de tener un mejor rendimiento en el motor.

- Culata de flujo en contracorriente.

El canal de aspiración y el de escape desembocan en el mismo lado del cabezote. Esta disposición reduce el espacio disponible para tender los conductos de aire fresco y gas de escape, pero gracias a las cortas distancias presenta notables ventajas para la sobrealimentación. También si se monta el motor transversalmente en el vehículo se obtienen ventajas en cuanto a la disposición de los conductos (Garcia, 2012).

- Culata de flujo transversal.

Las tuberías de aspiración y de escape se encuentran en los lados opuestos del motor, de modo que crea un flujo diagonal de aire fresco y gas de escape. Esta disposición permite guiar los tubos con mayor libertad y facilita la hermetización (Garcia, 2012).

2.15.3 TIPOS DE CULATAS SEGÚN EL NÚMERO DE VÁLVULAS EN EL CILINDRO

- Culata con dos válvulas.

Algunos motores emplean el uso de dos válvulas por cilindro, una destinada para permitir el paso de mezcla de admisión y otra que controla el paso de los gases producto de la combustión. Formando una sección reducida para la aspiración y expulsión de fluido activo (Saquiceda, 2016).



FIGURA 11: Culata con dos válvulas.

Fuente: (Eduardo Águeda, 2014)

- Culata con tres válvulas.

Debido a los requerimiento de mayor potencia y según la intervención directa de la cantidad de mezcla aspirada para la obtención del aumento de la misma, la evolución hacia las culatas multiválvulas, incorpora una culata con tres válvulas, dos de admisión y una de escape (Saquiceda, 2016).

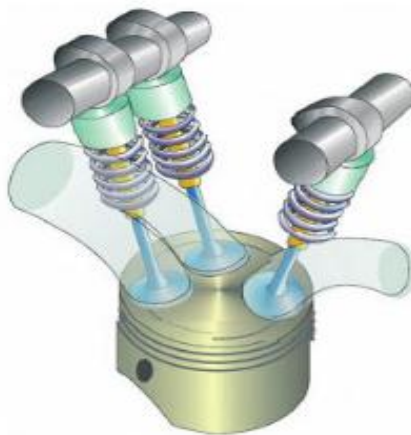


FIGURA 12: Culata con tres válvulas.

Fuente: (Eduardo Águeda, 2014)

- **Culata con cuatro válvulas.**

Los motores con cuatro válvulas se enfocan básicamente en permitir el llenado más efectivo del cilindro en cualquiera que sea su régimen de funcionamiento, así como la mejora en la evacuación de del volumen de gases (Saquiceda, 2016).

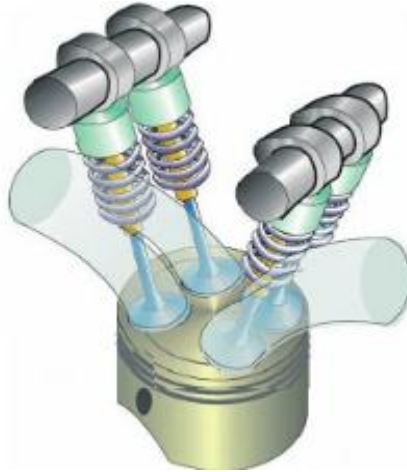


FIGURA 13: Culata con cuatro válvulas.

Fuente: (Eduardo Águeda, 2014)

- **Culata con cinco válvulas.**

El aumento de numero de válvulas, si bien persigue la mejor circulación de gases aspirados y evacuados de la cámara de combustión se debe tener en cuenta la capacidad de volumen que el cilindro puede aspirar para ser comprimido y cumplir la fase de trabajo en un motor (Saquiceda, 2016).

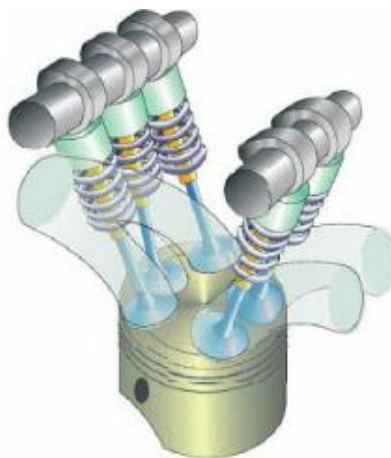


FIGURA 14: Culata con cinco válvulas.

Fuente: (Eduardo Águeda, 2014)

2.15.4 TIPOS DE CULATAS SEGÚN EL ÁRBOL DE LEVAS

Las culatas también se clasifican según el número de árboles de levas que esta posee, estas pueden llevar desde un árbol de levas hasta dos dependiendo de la tecnología que posee el motor.

- SOHC.

En este sistema overhead camshaft se emplea un único árbol de levas, situado en la culata, para accionar las válvulas de admisión y de escape. De esta forma, la cadena cinemática de los elementos que intervienen en el accionamiento de las válvulas es más corta, reduciéndose las inercias, por lo que se mejora el rendimiento a altas revoluciones. Por otro lado se minimizan los efectos de la dilatación de los componentes, requiriendo un menor juego de válvulas en frío (Calleja D. G., Motores, 2011).



FIGURA 15.Componentes de un Motor SOHC.

Fuente: (Eduardo Águeda, 2014)

- DOHC.

En este sistema double overhead camshaft el acrónimo indica que el sistema de distribución consta de doble árbol de levas en la culata. Las ventajas que tiene son similares al sistema SOHC, pero el DOHC es más indicado para motores multiválvulas (Calleja D. G., Motores, 2011).

Al poder manejar por separado las válvulas de admisión y escape se permiten lograr una mejor configuración más específica los tiempos de apertura y cierre, logrando tener mejor fluidez de gases en la cámara de combustión del motor.

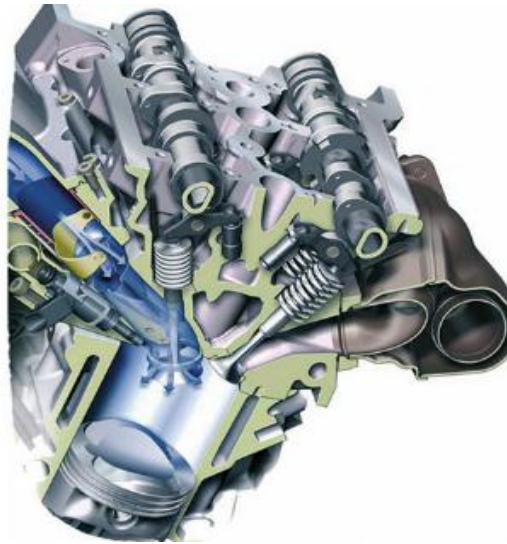


FIGURA 16: Componentes de un Motor DOHC.

Fuente: (Eduardo Águeda, 2014)

2.16 COMPONENTES DE UNA CULATA

La culata para su correcto funcionamiento depende de varios componentes tanto móviles como fijos, los cuales deben trabajar coordinadamente, siendo esta una parte fundamental debido a que por esta ingresa la mezcla aire-combustible y expulsa los gases quemados, entre los componentes más principales se detallan los siguientes:

- **Conductos de circulación de gases de admisión y escape.**

En un motor estándar estos conductos no son maquinados, ya que han salido de una fundición de hierro o en motores modernos de aleaciones de aluminio. Por esta razón este conducto podría estar mal acabado en su superficie y no necesariamente tendrá un solo diámetro en toda su carrera, por las dificultades mismas de la construcción y la fundición; adicionalmente el flujo permitido de mezcla o de aire a través de ellos no es necesariamente igual, sino aproximado entre todos los cilindros a los que debe alimentar (Serrano, 2003).

- Válvulas.

Las válvulas tienen la misión de permitir la entrada y salida de gases del cilindro en los momentos adecuados de cada fase, cerrando herméticamente los conductos de acceso y evacuación de la cámara de combustión durante el tiempo restante del ciclo. Dado su funcionamiento, están sometidos a grandes solicitaciones mecánicas y térmicas. La válvula de admisión se refrigera con el paso de los gases frescos, pero aun así, la temperatura que alcanza durante el funcionamiento es superior a los 400°C mientras que la válvula de escape alcanza fácilmente los 800°C con el paso de los gases quemados (Perez, 2004).



FIGURA 17: Válvula y resorte.

Fuente: (Ferrer & Checa, 2013)

- Válvula de admisión.

Es la que admite el ingreso de la mezcla aire combustible hacia el interior de la cámara de combustión logrando así un llenado eficiente, la temperatura a la cual trabajan está en un rango entre los 200 a 400°C, el ingreso de aire fresco por los conductos de admisión permite la refrigeración de las válvulas. Suelen ser de mayor diámetro que las de escape permitiendo así el ingreso de más cantidad de aire fresco hacia la cámara de combustión (Garcia, 2012).

- Válvula de escape.

Permite la salida de los gases productos de la combustión y la temperatura a la cual se encuentran trabajando está en un rango de los 600 y 800°C, el calor generado en la misma por los gases de escape lo disipa al momento de tener contacto con el asiento de la válvula.

Son de menor diámetro permitiendo la salida de los gases de escape a mayor presión (Garcia, 2012).

- **Resortes de válvulas.**

Cumple la función de mantenerlas cerradas a las válvulas de admisión o escape y presionadas en sus asientos. La presión que produce el perfil del árbol de levas permite que las válvulas se separen de sus asientos produciendo así el llenado y la salida rápida de los gases de escape, por lo tanto, deberá el resorte contrarrestar la fuerza generada (Garcia, 2012).

- **Árbol de levas.**

El árbol de levas es un órgano que controla el tiempo de apertura y cierre de las válvulas. Está construido por un eje de acero al carbono forjado y cementado en el que están mecanizadas las levas para la apertura y el cierre de las válvulas de admisión y de escape. El árbol de levas recibe movimiento desde el cigüeñal y mediante la leva transmite el movimiento circular y rectilíneo (Escudero & Gonzáles, 2011).



FIGURA 18: Árbol de levas.

Fuente: (Calleja D. G., Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares , 2015)

2.17 TRUCAJE DE CULATAS

El trucaje es el mejoramiento en el comportamiento del motor, y en general del automóvil, pero en el límite en que este automóvil no pierda sus cualidades de vehículo civilizado. Se trata de mejorar las prestaciones, conseguir mayor aceleración, aumentar la potencia del motor y en fin hacerlo dentro de su gama mucho más veloz y fulminante que cualquier vehículo de su misma cilindrada (Vicente, 2003).

La culata es en el punto de vista del trucaje es el más importante de los elementos del motor, pues en ella se alojan casi la totalidad de los componentes que constituyen la distribución. Tales como las válvulas y sus resortes, los empujadores, balancines, pasajes de admisión y escape e incluso ya en muchos motores los árboles de levas.

2.17.1 DEFINICIÓN DE PREPARACIÓN DE UNA CULATA

La preparación de una culata se define como la cantidad de mezcla que puede fluir por sus conductos de admisión con el objetivo de optimizar el llenado a cada una de las cámaras en el momento de la fase de admisión y permitiendo la igualdad de mezcla en las mismas.

Una definición fundamental en el rendimiento del motor, nos afirma que, al ser un motor capaz de consumir más aire, mayor será la potencia que nos va a entregar.

1.17.2 CONDICIONES IDEALES DEL CONDUCTO DE ADMISIÓN

La fabricación de los conductos de admisión y escape en la culata de vehículos en serie busca minimizar costos y tiempo, por lo cual no tiene un terminado totalmente eficiente, a diferencia de la fabricación de los conductos de una culata para un vehículo de carreras en los cuales tenemos los siguientes parámetros de fabricación.

0. = Diámetro de la válvula
1. = Cámara de combustión
2. = Asiento de la válvula
3. = Embocamiento del conducto
4. = Zona de ampliación del conducto en forma troncocónica
5. = Zona cilíndrica
6. = Zona cónica de entrada

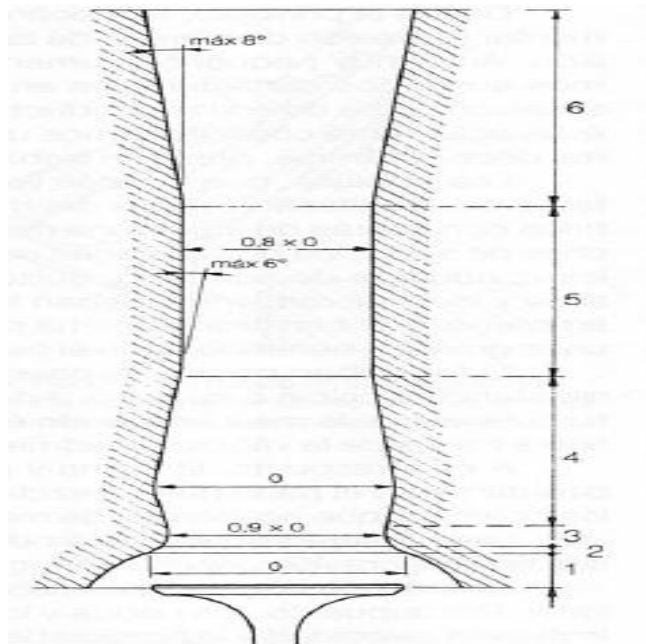


FIGURA 19: Diseño ideal de un conducto de admisión.

Fuente: (Gillieri, 2007)

2.17.3 CONDICIONES IDEALES QUE DEBE POSEER EL CONDUCTO DE ESCAPE

Al momento de sobredimensionar los conductos de escape lo único que se busca es que los gases quemados salgan con la mayor velocidad posible y sin obstrucciones.

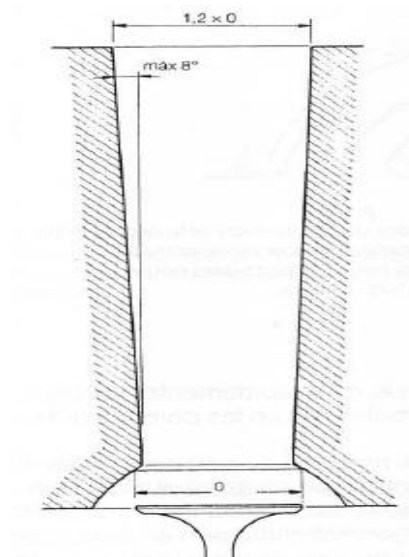


FIGURA 20: Conducto de escape ideal.

Fuente: (Gillieri, 2007)

2.17.4 RECORTE DE LA SALIENTE DE LA GUÍA DE LA VÁLVULA

Las culatas de fabricación en serie tienen un saliente en la guía de la válvula de $\frac{1}{4}$ de su medida total, lo cual ayuda a disminuir costos de fabricación. Al recortar la saliente de la guía de la válvula permite un mayor ingreso de aire y además tener una menor restricción del mismo, logrando así que el aire pueda pasar libremente (Gillieri, 2007).

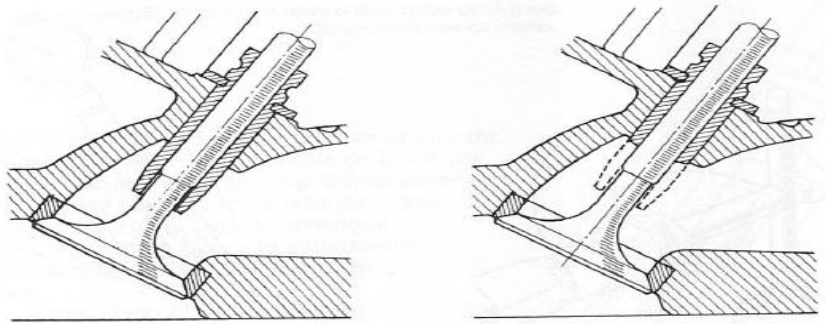


FIGURA 21: Recorte de la saliente de la guía de la válvula.

Fuente: (Gillieri, 2007)

2.18 MECÁNICA DE FLUIDOS

La mecánica de fluidos es la parte de la Física que se ocupa de la acción de los fluidos en reposo y en movimiento, es una ciencia basada en la evidencia experimental, y tiene en cuenta, al igual que cualquier ciencia moderna, la interacción entre el experimento y la teoría (Juan Luis Gonzáles, 2014).

2.19 FLUIDOS

Un fluido es un gas o líquido que no posee forma definida, estos se deforman continuamente debido a las acciones de fuerzas cortantes sin importar que tan pequeña sean estas.

2.20 TIPOS DE FLUIDOS

Juan Luis Gonzáles (2014), afirma que un fluido es una sustancia (considerada como un medio continuo) que carece de forma propia por lo que adopta la forma del recipiente que lo contiene. De esta manera, los diferentes elementos de un fluido homogéneo pueden reordenarse libremente sin afectar a las partes macroscópicas del fluido, es decir hay un movimiento relativo entre los distintos elementos del fluido.

Existen principalmente dos clases de fluido:

- Los líquidos (p. ej. El agua) son fluidos de muy baja compresibilidad.
- Los gases (p. ej. El aire) son fluidos de muy alta compresibilidad.

2.21 TIPOS DE FLUJO

Se distinguen dos tipos principales de flujo de fluidos. Estas varían dependiendo de la velocidad a las que se mueven en su trayecto y también de las paredes que lo rodean.

- Flujo laminar.
- Flujo turbulento.

2.21.1 FLUJO LAMINAR

Se puede admitir que las moléculas del fluido se desplazan siguiendo trayectorias paralelas entre sí. Su velocidad aumenta gradualmente a medida que se alejan de la pared del conducto. La distribución de velocidades sigue una ley parabólica (Lluís Jutglar, 2014).

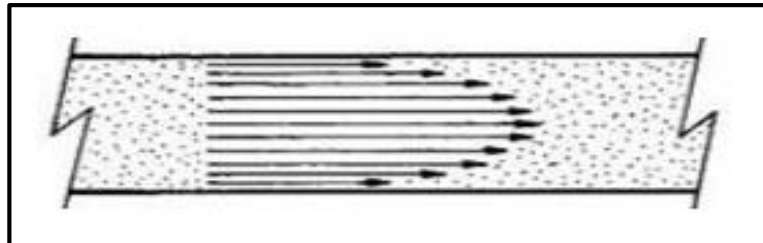


FIGURA 22: Flujo laminar.

Fuente: (Mott, 2012)

2.21.2 FLUJO TURBULENTO

Las trayectorias de las distintas moléculas se entrecruzan unas con otras. Cerca de la pared del conducto, su velocidad es muy baja, pero aumenta bruscamente y a partir de una corta distancia se mantiene constante y no depende de la distancia al eje del conducto (Lluís Jutglar, 2014).

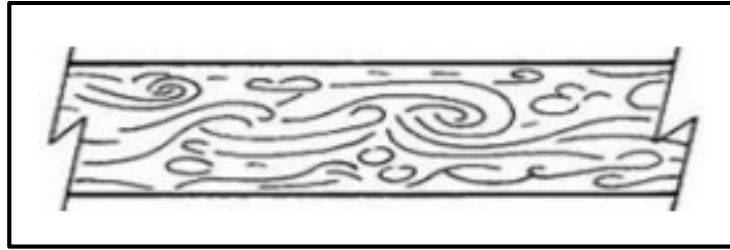


FIGURA 23: Flujo turbulento.

Fuente: (Mott, 2012)

2.22 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Esta ecuación se basa en el principio de la conservación de la masa. Al ser aplicada ecuación en un ducto por el cual fluye un fluido en régimen permanente se tiene:

$$p_1 * A_1 * v_1 = p_2 * A_2 * v_2 = \text{constante} \quad \text{Ecuación 4}$$

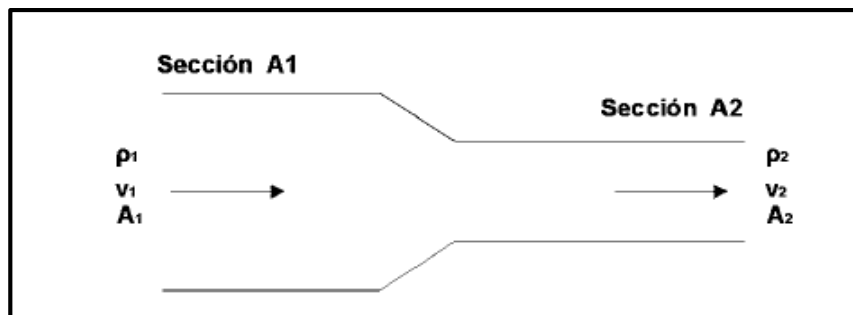


FIGURA 24: Ecuación de continuidad.

Fuente: (Mott, 2012)

2.23 EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS

Funes (2011), dice que “es un instrumento de gran ayuda para un preparador de motores, con este podemos hacer pruebas en la culata, carburador, múltiples de admisión y escape” (p.70)

Hay que hacer una aclaración importante, que este como todo instrumento de medición solo no hace nada, es necesario tener clara la idea de lo que se está buscando conseguir pues caso contrario corremos el riesgo de que las mejoras obtenidas en una medición de flujo no sean las que esperábamos obtener.

Sirve para medir la resistencia a la circulación del aire que se genera en todo el sistema de alimentación del motor. Para probar múltiples de admisión de la culata, el aire es aspirado a través de esta hacia el interior del equipo, y por medio de una válvula se regula la presión de prueba y el aire es expulsado al exterior a través de unos orificios que miden el caudal de flujo (CFM) y para los conductos de escape se sigue el mismo procedimiento, pero en forma inversa.

La presión de prueba se mide con un manómetro de columna de líquido que tiene un orificio conectado al exterior para tomar la presión atmosférica, el otro orificio va conectado a la entrada de la celda de aspiración. El porcentaje de flujo, se lee en un manómetro inclinado que tiene un orificio conectado al exterior y otro conectado a la celda de expulsión. Este manómetro tiene una escala que va de 0 a 100 %. También cuenta con un manómetro vertical que nos sirve para hacer mediciones de presión en los conductos, carburadores, múltiples (Funes, 2011).

2.24 ¿QUÉ ES UNA PRUEBA DE FLUJO?

Esta consiste en medir el caudal de aire que pasa por un conducto determinado a una presión de prueba constante. Luego de hecha la medición, se hacen las modificaciones en el conducto o elemento a medir y se prueba nuevamente a la misma presión, si el porcentaje de flujo mejoro, el trabajo fue satisfactorio (Funes, 2011).

2.25 SOFTWARE DE CAD EN 3D SOLIDWORKS

(Vidal & Maroño, 2015), dice que el software de diseño en 3D de Solidworks ayuda a diseñar mejores productos y más rápido. Cuando el diseñador tenga una idea para un producto excelente, contara con las herramientas para diseñarlo en menos tiempo y a un costo más bajo, además de permitirle realizar de forma rápida y sencilla los planos necesarios para su fabricación.



FIGURA 25: SolidWorks.

Fuente: (Tran, 2016)

2.26 SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Con Solidworks Flow Simulation, podrá simular fácilmente el flujo de fluidos, la transferencia de calor y las fuerzas de fluidos fundamentales para el éxito de su diseño. La herramienta de dinámica de fluidos computacional de SOLIDWORKS, totalmente integrada con el software de CAD en 3D, le permite simular el flujo de gases y líquidos en condiciones reales, ejecutar casos hipotéticos y analizar de forma eficaz los efectos del flujo de fluidos, la transferencia de calor y otras fuerzas relacionadas en componentes sumergidos o próximos. Puede comparar variaciones de diseño para tomar mejores decisiones y crear productos de mayor rendimiento (Corporation, 2015).

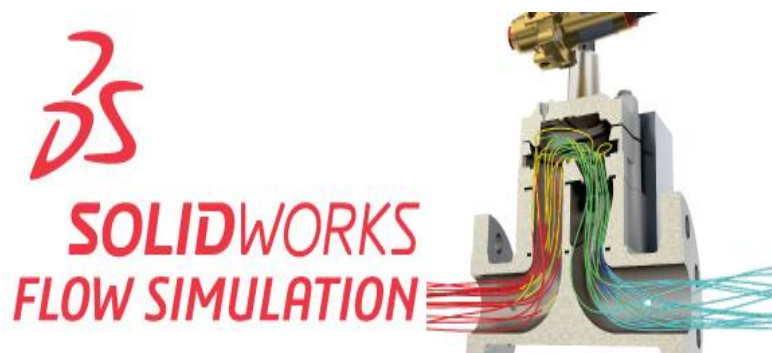


FIGURA 26: SolidWorks Flow Simulation.

Fuente: (Matsson, 2014)

2.27 DINAMÓMETRO AUTOMOTRIZ

Un Dinamómetro es un banco de pruebas que sirve para medir la potencia o par producido por una máquina, el dinamómetro es muy popular en el ámbito de la mecánica automotriz, tanto como equipo de diagnóstico y como una forma de poder medir los resultados de las modificaciones de rendimiento, está formado por dos rodillos en la que van colocadas las ruedas motrices del vehículo. Contiene en su estructura un sensor de velocidad que toma la medición de giro de los rodillos y envía inmediatamente la información a una computadora equipada con un programa de cálculo inmediato que proyecta los resultados de Tq y HP vs RPM.



FIGURA 27: Banco de rodillos.

Fuente: (Acebes, 2017)

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 DIAGNÓSTICO DEL VEHÍCULO GRAND VITARA 1600

TABLA 1: Datos técnicos del vehículo Grand Vitara.

Datos técnicos del vehículo Grand Vitara	
Especificaciones generales	
Marca	Chevrolet Grand Vitara
N° Cilindros	4
Distribución	SOHC
Cilindrada	1590 cc
Relación de Compresión	9.5:1
Diámetro del cilindro	75mm
Volumen de la cámara de compresión	25.5 cc
Espesor del empaque de la culata	1.2mm
Diámetro Válvula de admisión	29.2mm
Diámetro Válvula de escape	25.0mm

3.2 PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA ESTÁNDAR UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO

Las pruebas para realizar la medición de potencia (HP) y torque (ft-lb) que tiene el vehículo con la culata estándar se la realiza en un banco de pruebas llamado dinamómetro. El Dinamómetro es un banco de pruebas utilizado principalmente para obtener medidas exactas de la potencia y torque de cualquier tipo de vehículo.



FIGURA 28: Grand Vitara 1600cc SOHC sobre rodillos del Dinamómetro.

Una vez sujetado con el arnés de seguridad el vehículo, se procede a acelerar el motor hasta encontrar su punto máximo de potencia, permitiendo girar a los rodillos a altas velocidades y enviando los datos automáticamente a la computadora para que realice los cálculos y proporcionar un informe detallado real a diferentes regímenes de giro de funcionamiento del motor.

Name: <u>Michael Lopez</u>		Engine's Test Hours: <u>18482</u>	
Vehicle: <u>Vitara 3P</u>		Engine Type: <u>#1- Four Stroke Otto</u>	
Engine			
Engine Make: <u>Suzuki G16B6</u>		Compression Ratio: <u>9.500 :1</u>	
Engine Model: <u>1600</u>		Rod Length: <u>144.8</u> mm	
Engine Serial #: _____		Bore: <u>75.00</u> mm	
Engine Description: _____		Stroke: <u>80.00</u> mm	
Advertised Power: <u>87.00</u> Hp @ <u>5600</u> RPM		Displacement: <u>1590</u> cc	
Piston Description: _____			
Weather			
Air Temperature: <u>23</u> Degree C		Temperature Correction Factor: <u>1.000</u>	
Barometric Pressure: <u>66.10</u> kPa		Barometric Correction Factor: <u>1.000</u>	
Relative Humidity: <u>38</u> %		Humidity Correction Factor: <u>1.000</u>	
Vapor Pressure: <u>0.365</u> in Hg		Final Correction Factor: <u>1.000</u>	
Relative Air Density: <u>0.75</u>		Correction Method: <u>Observed</u>	
Friction Compensation: <u>100.00</u> %		Weather Source: <u>Weather Station</u>	
Mechanical Efficiency: <u>Calculated ME</u> %			
Inertia			
Inertia Compensation: <u>#2- INERTIA ONLY!</u>			
Vehicle			
VIN/Serial Number: _____		Tire Diameter: <u>75.00</u> cm	
Vehicle Description: _____		Speedometer Source: <u>#0- Shaft RPM</u>	
Weight: <u>1490</u> kg		Acceleration Source: <u>#0- Speedometer</u>	
Coast Down: <u>0.055</u> G's @ Coast of: <u>55.00</u> mi/hr		Accelerometer Pitch Compensation: <u>1.000</u>	
Roller Diameter: <u>12.00</u> inches		Axle Ratio: <u>0.355</u>	
Fuel			
Fuel Description: <u>Super</u>		Octane: <u>0</u>	
Fuel Pressure: <u>0</u> PSI		Specific Gravity: <u>0.730</u>	
AFR Source: <u>#7- User AFR Source</u>		Calculate Fuel Flow Method: <u>#0- User Fuel A</u>	

FIGURA 29: Ingreso de información del vehículo en el dinamómetro.

Una vez ingresado la información, la computadora memoriza los datos para realizar los cálculos en los diferentes regímenes de giro del motor, obteniendo así los resultados exactos de torque y potencia que posee el vehículo.

3.3 CURVAS DE POTENCIA Y TORQUE

El software del dinamómetro permite realizar comparaciones de las diferentes curvas a diferentes velocidades (RPM), las cuales son: curva de potencia (HP), curva de torque (ft-lb), curva de mezcla aire combustible AFR (A/F).

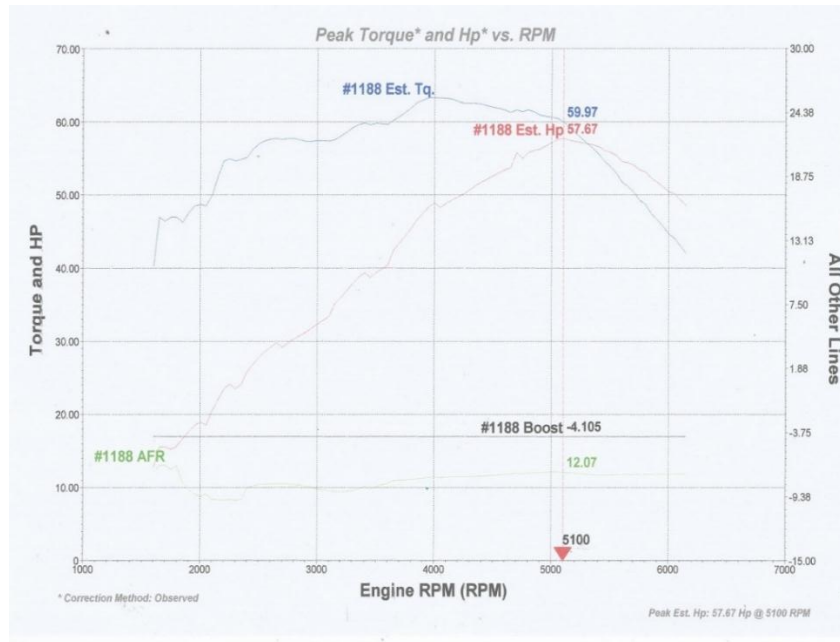


FIGURA 30: Curvas de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro.

Se aprecia en este gráfico una curva irregular de color azul que representa al torque y una línea de color rojo que representa la potencia, las cuales se expresan en relación con las revoluciones por minuto del motor Grand Vitara 1600 cc SOHC.

Los datos inician desde las 1600 RPM con una potencia de 12.79 (HP) y un torque de 40.25 (ft-lb). Al acercarse a las 2000 RPM se observa un aumento de potencia hasta 19.00 (HP) y un torque de 48.68 (ft-lb). Al aumentar las revoluciones hasta las 3000 RPM se obtiene una potencia de 32.32 (HP) y un torque de 57.40 (ft-lb).

Al llegar a las 4000 RPM existe un notable aumento llegando a tener una potencia de 48.90 (HP) y un torque de 63.27 (ft-lb). La potencia máxima se la obtiene al llegar a las 5100 RPM genera una potencia de 57.67 (HP) y un torque de 59.97 (ft-lb).

TABLA 2: Parámetros del motor Grand Vitara 1600cc SOHC.

Dinamyca Competicion
Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
Quito-Ecuador
Phone : 59322411805

DYNomite Test Run: Michael lopez #1188 on 2016-10-29 @ 10-53-16

Date: 10/29/2016

Correction Method: Observed

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1600	12.79	-4.106	12.04	40.25
1700	15.58	-4.106	13.04	48.38
1800	15.64	-4.106	12.96	48.92
1900	17.59	-4.105	9.787	47.51
2000	19.00	-4.105	8.743	48.68
2100	20.42	-4.106	8.394	49.87
2200	23.40	-4.105	8.232	54.59
2300	23.47	-4.105	8.243	54.61
2400	25.78	-4.105	9.894	55.11
2500	27.71	-4.105	10.40	58.93
2600	29.14	-4.105	10.52	57.58
2700	29.14	-4.105	10.51	57.55
2800	30.29	-4.105	10.43	57.88
2900	31.17	-4.105	10.15	57.30
3000	32.32	-4.105	9.799	57.40
3100	33.36	-4.105	9.574	57.33
3200	36.97	-4.105	9.428	58.02
3300	37.82	-4.105	9.569	59.18
3400	38.37	-4.105	10.08	59.80
3500	39.34	-4.105	10.08	59.76
3600	40.40	-4.105	10.58	59.65
3700	43.43	-4.105	11.01	60.72
3800	45.45	-4.105	11.08	61.89
3900	47.43	-4.105	11.25	62.94
4000	48.90	-4.105	11.44	63.27
4100	48.65	-4.105	11.44	63.21
4200	49.68	-4.105	11.49	62.75
4300	50.68	-4.105	11.51	62.53
4400	51.78	-4.105	11.57	62.42
4500	52.57	-4.105	11.66	61.98
4600	53.41	-4.105	11.67	61.58
4700	55.78	-4.105	11.94	61.60
4800	55.75	-4.105	11.94	61.60
4900	56.26	-4.105	12.03	60.90
5000	57.12	-4.105	12.11	60.58
5100	57.67	-4.105	12.07	59.97
5200	57.29	-4.105	11.98	58.44
5300	56.98	-4.105	11.80	57.04
5400	56.58	-4.105	11.69	55.01
5500	55.80	-4.105	11.59	53.88
5600	54.54	-4.105	11.78	51.72
5700	54.04	-4.105	11.81	50.36
5800	53.14	-4.105	11.81	48.67
5900	51.67	-4.105	11.81	46.54
6000	50.41	-4.105	11.81	44.86
6100	49.30	-4.105	11.88	42.97

En esta tabla se tiene los resultados exactos del momento de la prueba realizada en el banco Dinamómetro, en la cual se encuentra detallado los siguientes parámetros: RPM, Hp, mezcla aire/combustible y torque, además se detalla el inicio de funcionamiento del vehículo a 1600 RPM con una potencia de 12.79 (HP) y un torque de 40.25 (ft-lb), al acelerar se observa como la potencia y el torque aumentan hasta llegar al punto máximo de desarrollo que son a las 5100 RPM obteniendo una potencia de 57.67 (Hp) y un torque de 59.97 (ft-lb).

Estos datos de la tabla sirven al software para poder realizar la figura n°19.

3.4 DESMONTAJE DE LA CULATA

Antes de iniciar a realizar cualquier trabajo se desconecta los bornes de corriente de la batería positivo y negativo, es una manera de prevención para proteger nuestra seguridad al igual que los componentes del vehículo. Seguidamente se procede a aflojar los pernos que sujetan a las bobinas, también se afloja los 6 pernos con un dado de racha número 10mm y se levanta la tapa válvulas, a continuación se verifica el estado en el que se encuentra el empaque, esto implica a que no esté fisurado o con un exceso de desgaste, de encontrarse alguna anomalía esto impide el cierre hermético del mismo, de ser el caso que este roto o con algún problema antes mencionado será necesario reemplazado.



FIGURA 31: Desmontaje tapa válvulas.

3.4.1 DESMONTAJE DE TEMPLADOR Y BANDA DE DISTRIBUCIÓN

Se procede a observar todos los elementos que interrumpen el desmontaje del templador y la banda de distribución, los elementos son muy diferentes, estos varían según el modelo del vehículo. En este caso se encuentra el sistema de refrigeración, aire acondicionado, ventiladores, tapas protectoras de la distribución, soportes de motor entre otros, los cuales debemos primeramente desmontar para dejar libre el sistema de distribución.

A continuación, se realiza la operación de puesta a punto del motor, elevando al vehículo y con una marcha ligera (5ta), se gira la polea del cigüeñal en sentido horario hasta lograr unir las marcas de referencia que llevan las poleas, con las marcas de la tapa válvulas o culata.



FIGURA 32: Puesta a punto.

Al tener posicionadas las poleas, se desmonta el mecanismo de tensión de tal manera que libere a la correa de distribución y permita extraerla sin ningún problema. Las herramientas utilizadas para el desmontaje de la banda de distribución deben ser las adecuadas siguiendo los pasos apropiados, para aflojar el perno del templador se utiliza un dado de racha número 10mm.

Como seguridad y antes de instalar nuevamente la correa de distribución se debe realizar una limpieza total de la zona de montaje, además verificar el estado del rodillo de tensión, con el fin de evitar fallas en la distribución.



FIGURA 33: Componentes del sistema de distribución.

3.4.2 DESMONTAJE DE COLECTOR DE ADMISIÓN, CUERPO DE ACELERACIÓN, DEPURADOR / FILTRO Y FLAUTA DE INYECTORES

Se localiza todos los sensores que estén obstruyendo el desmontaje correcto de la culata. Para desconectar los sensores, se debe quitando el seguro que lleva cada uno para evitar daños o roturas de los mismos, especialmente los conectores de los inyectores debido a que son muy frágiles, con la ayuda de un desarmador plano o una pinza se los abre el seguro y se los desconecta. A continuación, se afloja los pernos que sujetan a la flauta de combustible con un dado de racha número 14mm.

El desmontaje del cuerpo del colector de admisión se lo hace con la ayuda de un dado de racha número 14mm, aflojando las 8 tuercas que lo unen a la culata, finalmente se desconectan todas las mangueras que van unidas al mismo y se retira con mucho cuidado.



FIGURA 34: Desmontaje del colector de admisión, mangueras y sensores.

3.4.3 DESMONTAJE DEL COLECTOR DE ESCAPE

El colector de escape se encuentra conectado a la culata del motor, para su desmontaje primeramente se extrae la parte del silenciador que se une con todo el sistema de escape, a continuación se procede a retirar el colector de salida de gases en la culata, todo el desmontaje se realiza con un dado de racha número 14mm y su protector se afloja con un dado de racha número 10mm.



FIGURA 35: Colector escape Grand Vitara.

3.4.4 DESMONTAJE ÁRBOL DE LEVAS

El árbol de levas está sujeto por bancadas, las mismas que están aseguradas por pernos número 10mm a la culata, para su desmontaje se debe ir aflojando con cuidado cada bancada, estas después de ser extraídas deben ser señaladas y ubicadas en orden según como se encontraban. El árbol de levas se desmonta junto con la polea, finalmente con un dado de racha número 10mm y con la ayuda de una llave de media vuelta se extrae los pernos que están sujetando a la polea, para posteriormente realizar su limpieza correcta.



FIGURA 36: Desmontaje de árbol de levas junto a polea dentada.

3.4.5 DESMONTAJE DE LA CULATA DEL MOTOR

Al estar completamente libre la culata sin sus componentes, sensores y cables, se procede aflojar los 10 pernos que la sujetan la culata al block de motor, seguidamente con una pequeña fuerza se mueve la culata para poder separar el empaque y permita desmontar la culata del motor, extraerla con mucho cuidado para evitar daños, por último colocar la culata en una parte suave para que las válvulas no se doblen o dañen con el peso.



FIGURA 37: Culata desmontada del motor.

3.4.6 DESMONTAJE DE BALANCINES

La ubicación de los balancines está por debajo del árbol de levas los cuales no están sujetos por algún perno, sino metidos a presión y montados en su riel, para su desmontaje se afloja los 6 pernos con cabeza hexagonal que sujeta la riel, una vez realizado esto y con mucho cuidado se extrae uno por uno los balancines tanto de admisión como de escape.



FIGURA 38: Desmontaje de balancines.

3.4.7 DESMONTAJE DE VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE

Iniciamos el desmontaje utilizando una herramienta apropiada para cumplir esta función llamado prensa válvulas, al utilizarlo asegurarse que en un extremo presione el asiento de la válvula y el otro extremo presione al resorte, ajustando lentamente el prensa válvulas el resorte baja y permite extraer los seguros, ayudarse con un imán si es necesario, a continuación aflojamos el prensa válvulas y extraemos el resorte y la válvula, repetir este mismo procedimiento con todas las válvulas tanto de admisión como de escape.

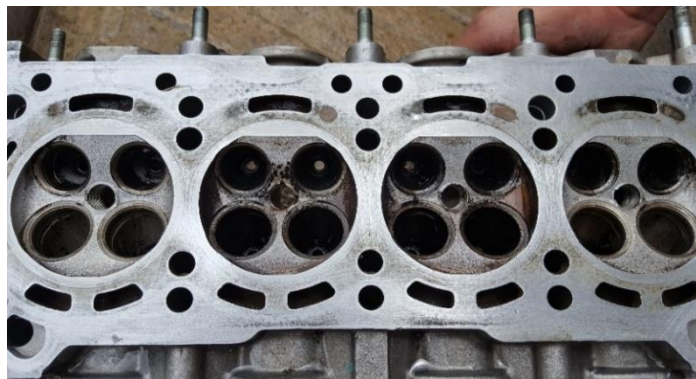


FIGURA 39: Desmontaje de todos los componentes instalados en la culata.

3.5 DIAGNÓSTICO DE CULATA

Una vez realizado el desmontaje de la culata del motor, se procede a limpiar completamente todas las piezas tanto móviles como fijas, con el fin de conocer el estado en el que se encuentra cada uno de los componentes que la conforman. En este proceso de diagnóstico de la culata se tiene presente los valores de desgaste determinados por el fabricante, una vez hecho el análisis se procede a verificar si existe alguna fisura por donde permita fugas tanto del sistema de lubricación como del sistema de refrigeración.

3.5.1 COMPROBACIÓN DE PLANICIDAD DE LA CULATA

Para la comprobación de planicidad de la culata con el block se necesita de la ayuda de un juego de láminas calibradas y de una regla, el ancho y la longitud de la culata determina la cantidad de posiciones que se debe revisar siendo las más importantes las trasversales, longitudinales, y diagonalmente.

Todo este trabajo de medición se la realiza en la rectificadora de motores, debido a que son herramientas no tan comunes y allí con exactitud nos pueden dar un informe del estado al cual se encuentra.

A continuación, se realiza la verificación de picaduras en los conductos de entrada y salida de gases, dando como resultado, picaduras en la entrada del ducto de admisión de la culata y con una capa gruesa del polvo mezclado con la gasolina impregnado en todo el contorno del conducto de admisión y en los conductos de escape lleno de carbonilla.

El estado de las válvulas de admisión y escape se encuentran en perfectas condiciones para su funcionamiento, las guías al igual que los resortes, seguros, balancines, bancadas, árbol de levas y válvulas se encuentran en perfectas condiciones para nuevamente ser instaladas.



FIGURA 40: Árbol de levas en perfectas condiciones.

3.6 EXTRACCIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA CULATA ESTÁNDAR

Para realizar la gráfica de la culata en el software Solidworks se toma medidas de diferentes zonas de los conductos, utilizando un compás de interiores, un calibrador pie de rey y un flexómetro.



FIGURA 41: Medidas del conducto de admisión y escape estándar.

A continuación, se procede a calcular el volumen existente en los conductos de admisión y los conductos de escape en la culata estándar, de forma idéntica para el cálculo del volumen de la cámara de compresión. Se introduce aceite fluido desde una probeta graduada y se mide el volumen introducido hasta enraizar con el orificio (Calleja D.G, 2015). De la misma forma se calcula el volumen pero en los conductos de admisión y escape el valor extraído servirá como base para la gráfica en el software Solidworks. Los pasos a seguir para este cálculo del volumen de los conductos son los siguientes, primero se coloca las válvulas en la culata en su posición correcta para que formen un cierre y no permita la fuga del líquido, luego se vierte el líquido sin derramar hasta llenarlo por completo finalmente se procede a medirlo, para asegurarse del resultado del cálculo del volumen se puede realizar dos o más pruebas.



FIGURA 42: Medida del volumen del conducto de admisión estándar.



FIGURA 43: Medida del volumen del conducto de escape estándar.

3.7 GRÁFICA DE LA CULATA ESTÁNDAR UTILIZANDO EL SOFTWARE “SOLIDWORKS”

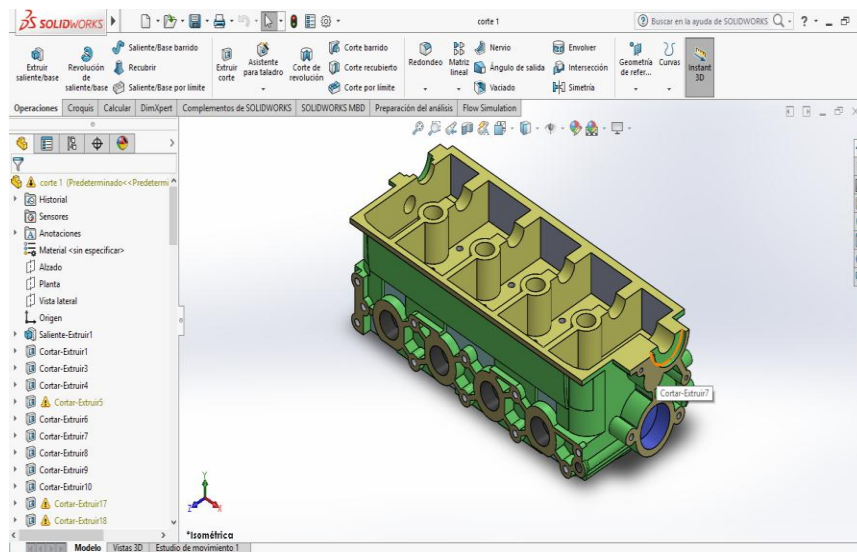


FIGURA 44: Gráfica de la culata estándar vista superior.

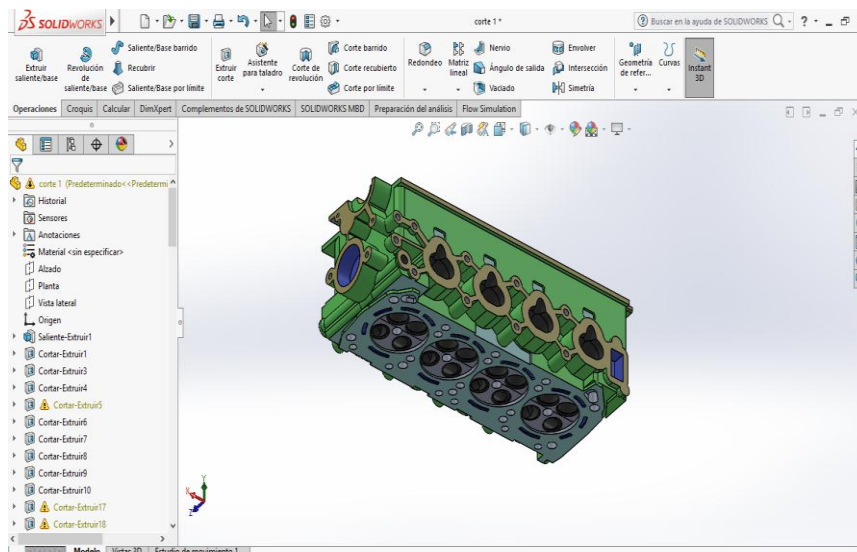


FIGURA 45: Gráfica de la culata estándar vista inferior.

En las siguientes figuras se puede observar de diferentes vistas el gráfico final de la culata estándar, la cual tiene las medidas anteriormente tomadas, esta culata se la graficó a partir de un rectángulo para facilitar el proceso, el software utilizado es Solidworks 2017.

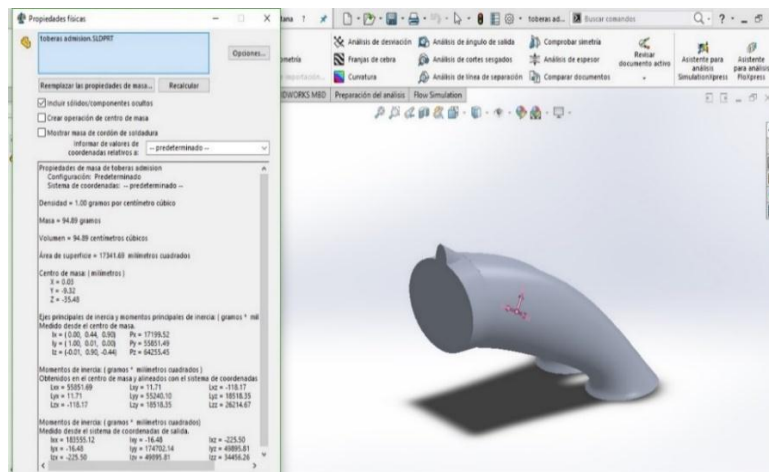


FIGURA 46: Volumen del conducto de admisión estándar.

El software Solidworks además de permitirnos graficar, nos permite también calcular el volumen que existente en los conductos de la culata, en este caso los conductos de admisión estándar, lo cual ayuda a justificar los datos que se obtuvieron en la práctica con los datos que se obtienen en la gráfica, siendo así un indicador que permite afirmar que el conducto de admisión estándar graficado es idéntico al conducto real de la culata del vehículo.

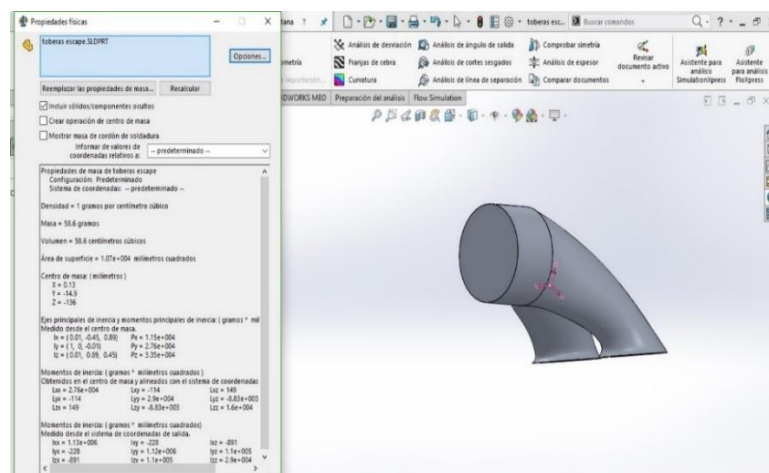


FIGURA 47: Volumen del conducto de escape estándar.

El mismo procedimiento que se realiza para calcular el volumen en los conductos de admisión estándar se realiza con los conductos de escape estándar para poder de igual manera justificar que los volúmenes sean iguales a los obtenidos en la práctica y por consiguiente la gráfica es idéntica a la culata real del vehículo, además conocer que las medidas obtenidas son exactas para poder realizar la gráfica.

3.8 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO

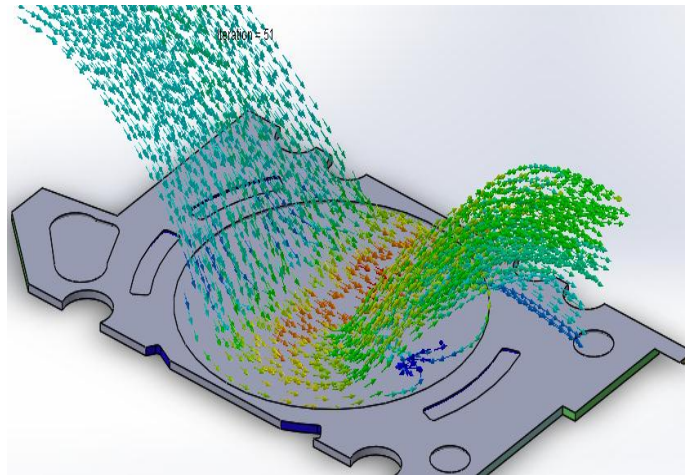


FIGURA 48. Trayectoria del aire en los conductos de la culata estándar basado en el funcionamiento de un vehículo.

En la siguiente figura se puede observar la trayectoria que sigue el aire dentro de los conductos de la culata como si el vehículo estuviera en funcionamiento, la dirección de las flechas indican la entrada y la salida del aire, entra por los conductos de admisión y sale por los conductos de escape.

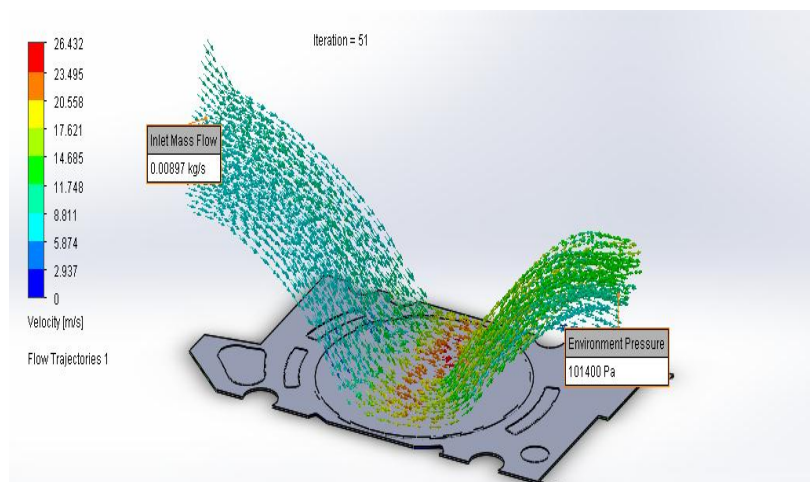
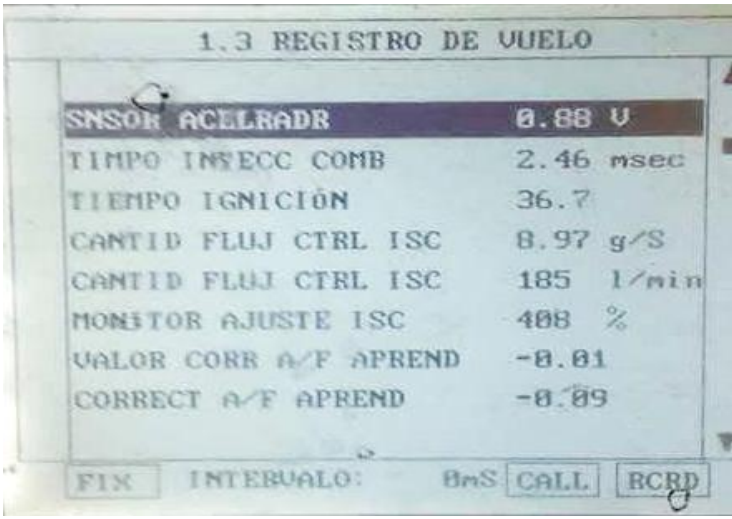


FIGURA 49: Simulación del paso de aire de la culata estándar.

Realizando la simulación en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se realizó el procedimiento adecuado para lograr la simulación del flujo de aire que se encuentra en el interior de la culata estándar.

Tomando en cuenta que la culata está compuesta de 8 toberas de admisión y 8 de escape similares se tomó la decisión de realizar el estudio en 4 toberas 2 de admisión y 2 de escape.

Que funcionan sobre una misma sección de la culata, esto se lo hizo para ahorrar el gasto computacional que se genera al realizar una simulación de fluido en un software de diseño. Los parámetros que se utilizó para la simulación se obtuvieron mediante un escáner conectado al vehículo en el cual se está realizando el estudio, exactamente los valores fueron obtenidos del sensor MAF. La gráfica indica claramente la dirección y la velocidad del fluido.



1.3 REGISTRO DE VUELO	
SNSOR ACELRADR	0.88 U
TIEMPO INYECC COMB	2.46 msec
TIEMPO IGNICIÓN	36.7
CANTID FLUJ CTRL ISC	8.97 g/s
CANTID FLUJ CTRL ISC	185 l/min
MONITOR AJUSTE ISC	408 %
VALOR CORR A/F APREND	-8.81
CORRECT A/F APREND	-8.89

FIX INTERVALO: 8mS CALL RCRD

FIGURA 50: Datos del escáner del vehículo Grand Vitara.

Los valores obtenidos del vehículo en estudio mediante el escáner automotriz sirven para realizar la simulación del fluido, el valor utilizado es 8.97 g/s el cual indica la cantidad de flujo que entra al sistema de alimentación del motor, proviene del sensor MAF a las 5 000 RPM que es el punto donde genera la máxima potencia según la prueba del dinamómetro, el software Solidworks no admite la unidad de gramos por lo cual se transforma a kilogramos dando un resultado de 0.00897 kg/s.

3.9 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS.

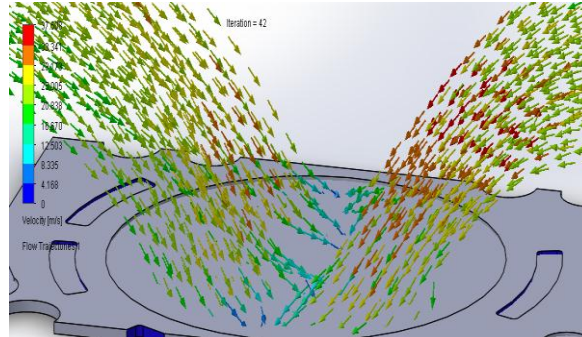


FIGURA 51: Trayectoria del aire en los conductos de la culata estándar basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.

En la siguiente figura se puede observar la trayectoria que sigue el aire dentro de los conductos de la culata al utilizar el equipo de comprobación de flujo para culatas, la dirección de las flechas indican la entrada y la salida del aire, en este caso el aire entra por los dos conductos admisión y escape dirigiéndose hacia el interior del equipo para poder cuantificar el flujo existente en la culata.

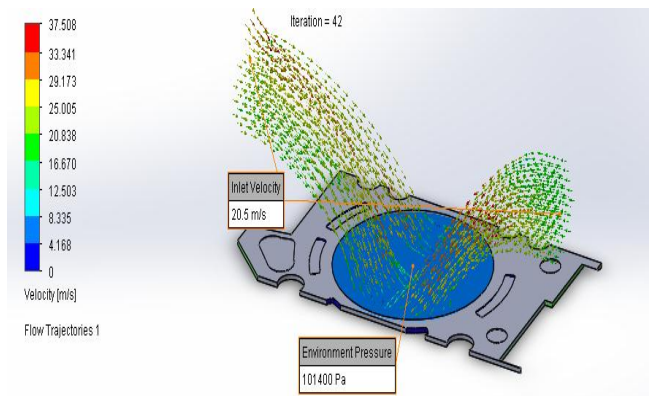


FIGURA 52: Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas.

Realizando la simulación en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se realizó el procedimiento adecuado para lograr la simulación del flujo de aire que se encuentra en el interior de la culata estándar utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas. Los parámetros que se utilizó para la simulación se obtuvieron mediante la medición de la entrada de aire que posee dicho equipo, la gráfica indica claramente la dirección y la velocidad del fluido.

3.10.1 PASOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE FLUJO DE UNA CULATA

- Comprobar que el equipo este en perfectas condiciones para su funcionamiento.
- Colocar el adaptador correspondiente para la culata del Grand Vitara 1600 SOHC.
- Revisar que los niveles de H₂O estén en 0 “cero” y sin burbujas de aire que puedan alterar el resultado.
- Colocar la culata para la prueba.
- Definir la escala de CFM a la cual va a ser medida la culata.
- Encender el equipo.
- Tomar apuntes de los resultados obtenidos.
- Apagar el equipo.

[illegible]

46

En la figura se observa la culata estándar montada en el equipo de prueba para obtener los valores del primer conducto.

TABLA 3: Datos de la prueba del primer conducto “culata estándar”

Primer conducto culata estándar	
Porcentaje de flujo	82%
Presión	0.4 in H2O

3.10.3 PRUEBA DE FLUJO EN EL SEGUNDO CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”



FIGURA 54: Prueba de flujo en el segundo conducto “culata estándar”

En la figura se observa la culata estándar montada en el equipo de prueba para obtener los valores del segundo conducto.

TABLA 4: Datos de la prueba del segundo conducto “culata estándar”

Segundo conducto culata estándar	
Porcentaje de flujo	82%
Presión	0.4 in H2O

3.10.4 PRUEBA DE FLUJO EN EL TERCER CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”



FIGURA 55: Prueba de flujo en el tercer conducto “culata estándar”

En la figura se observa la culata estándar montada en el equipo de prueba para obtener los valores del tercer conducto.

TABLA 5: Datos de la prueba del tercer conducto “culata estándar”

Tercer conducto culata estándar	
Porcentaje de flujo	82%
Presión	0.4 in H2O

3.10.5 PRUEBA DE FLUJO EN EL CUARTO CONDUCTO “CULATA ESTÁNDAR”

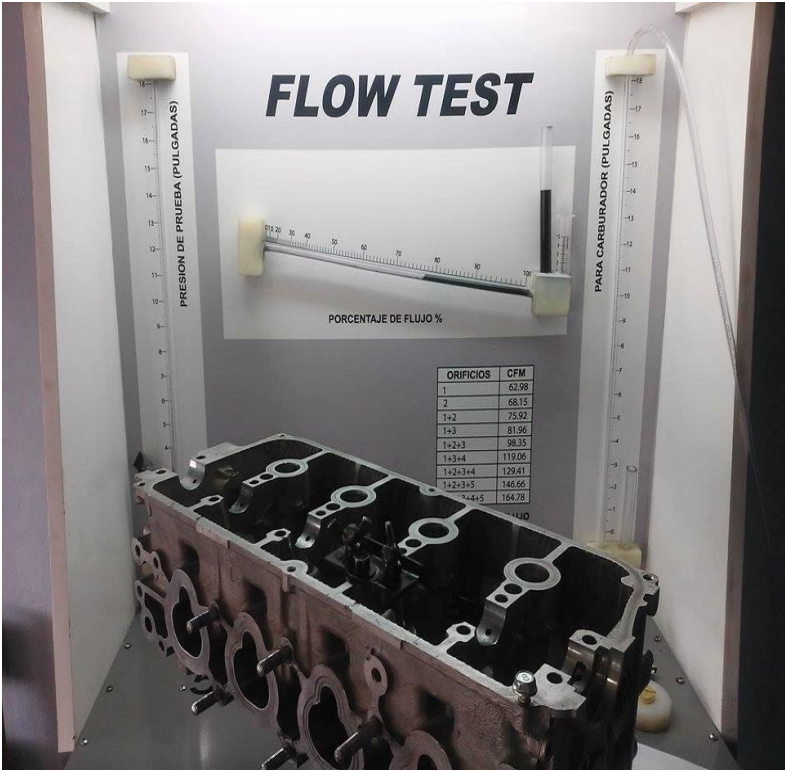


FIGURA 56: Prueba de flujo en el cuarto conducto “culata estándar”

En la figura se observa la culata estándar montada en el equipo de prueba para obtener los valores del cuarto conducto.

TABLA 6: Datos de la prueba del cuarto conducto “culata estándar”

Cuarto conducto culata estándar	
Porcentaje de flujo	82%
Presión	0.4 in H2O

3.11 TRUCAJE DE LOS CONDUCTOS DE ADMISIÓN Y ESCAPE DE LA CULATA

Antes de empezar con la preparación de la culata se toma medidas tanto en el conducto de admisión como en el conducto de escape, las cuales sirven como medida base para no alterar la relación que existe, debido a que los conductos de admisión son más grandes que los conductos de escape.



FIGURA 57: Toma de medidas en conductos de admisión.



FIGURA 58: Toma de medidas en conductos de escape.

3.11.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA PREPARACIÓN DE LA CULATA

- Esmeril recto eléctrico o neumático.
- Gratas de lija
- # 60
- # 80
- # 100
- # 120

- Fresas de desbaste
- Lijas de grano
- # 160
- # 260
- # 400
- Lija de esponja
- # 800
- Tinta especial para marcado

Colocar los empaques de admisión y de escape en la culata con la tinta de marcado para señalar la sobredimensión que existe en los múltiples, esto debido a que no son exactos los empaques con los múltiples de la culata.



FIGURA 59: Señalización con tinta en conductos de admisión y escape.

Una vez señalada la culata con la tinta se procede a sobredimensionar el asiento de la tobera para que la unión entre el empaque y la tobera sea perfecta y no exista obstrucción de flujo de aire.



FIGURA 60: Trucaje de conductos de admisión y escape.

Utilizando la fresa recortar el extremo saliente de la guía de la válvula para permitir el paso libre de flujo.



FIGURA 61: Guías de las válvulas.



FIGURA 62: Recorte de guías de las válvulas.

Utilizar las gratas para disminuir las rugosidades provocadas por las fresas de desbaste y obtener un conducto liso, para reducir la restricción del paso del aire y que este fluya libremente.

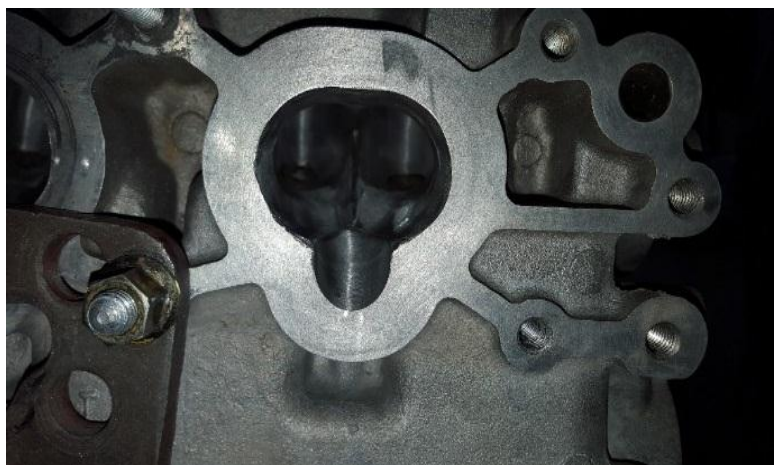


FIGURA 63: Conductos de admisión lisos después de utilizar las gratas.



FIGURA 64: Conductos de escape lisos después de utilizar las gratas.

3.12 EXTRACCIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA CULATA PREPARADA

Para poder graficar los conductos tanto de admisión como de escape de la culata en el software Solidworks se toma medidas de diferentes zonas de los conductos, utilizando un compás de interiores y un calibrador pie de rey.



FIGURA 65: Medida de conductos de admisión y escape.

A continuación, se realiza una medición del volumen del conducto de admisión y el conducto de escape en la culata preparada, llenando con líquido los conductos para conocer el aumento del volumen que tiene la culata debido al sobredimensionamiento.



FIGURA 66: Medida del volumen del conducto de admisión preparado.



FIGURA 67: Medida del volumen del conducto de escape preparado.

3.13 GRÁFICA DE LA CULATA PREPARADA EN EL SOFTWARE “SOLIDWORKS”

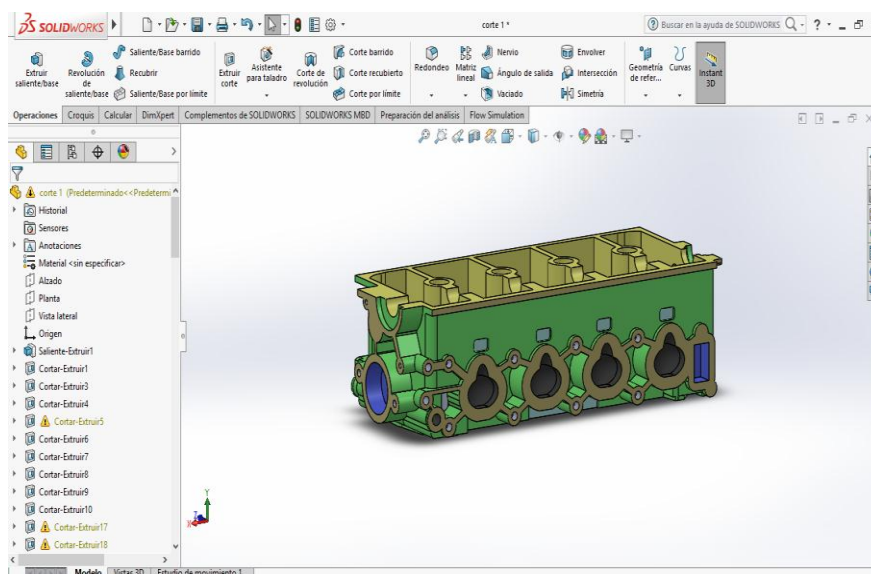


FIGURA 68: Gráfica de la culata preparada vista lateral.

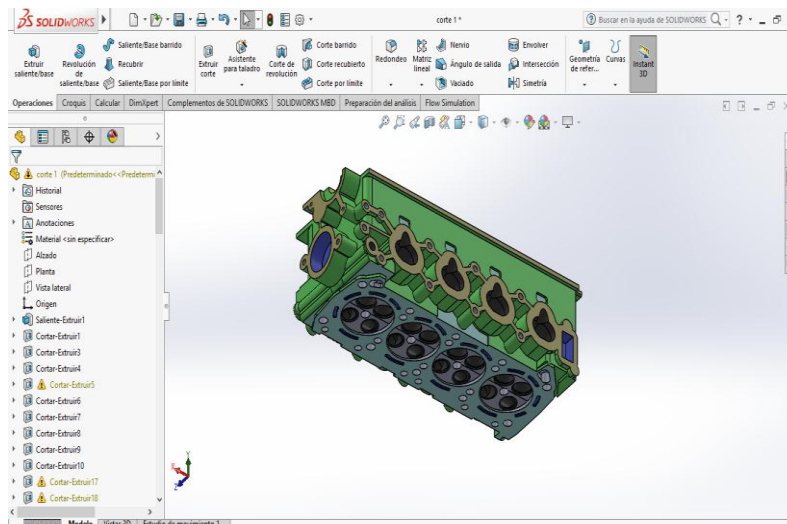


FIGURA 69: Gráfica de la culata preparada vista inferior.

En las siguientes figuras se puede observar de diferentes vistas la gráfica final de la culata preparada, a la cual se le sobredimensionó el diámetro de los conductos tanto de admisión como de escape debido al trucaje realizado, además se le retiró el excedente de las guías de válvulas para permitir el paso libre de aire.

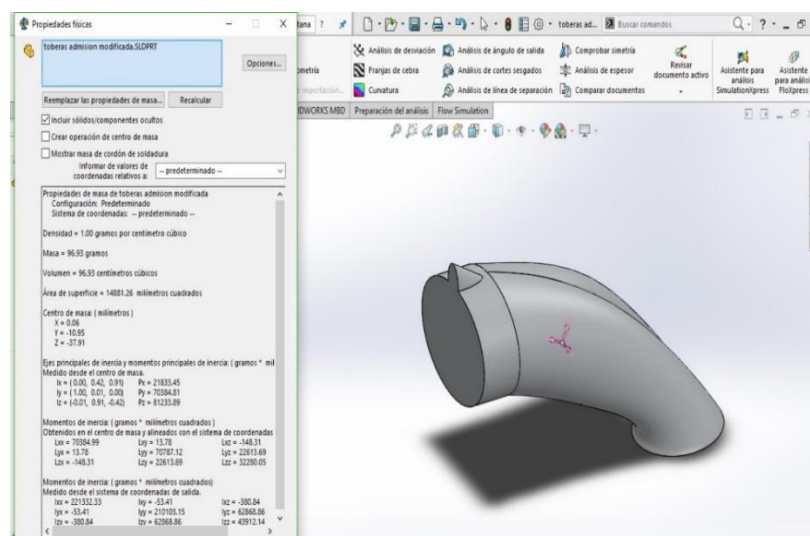


FIGURA 70: Volumen del conducto de admisión preparado.

El mismo procedimiento que se realiza para calcular el volumen de los conductos estándar se realiza con los conductos de admisión preparados para poder de igual manera justificar que los volúmenes sean iguales a los obtenidos en la práctica y por consiguiente el gráfico se lo está realizando de una excelente manera, además conocer que las medidas obtenidas son exactas para poder realizar la gráfica.

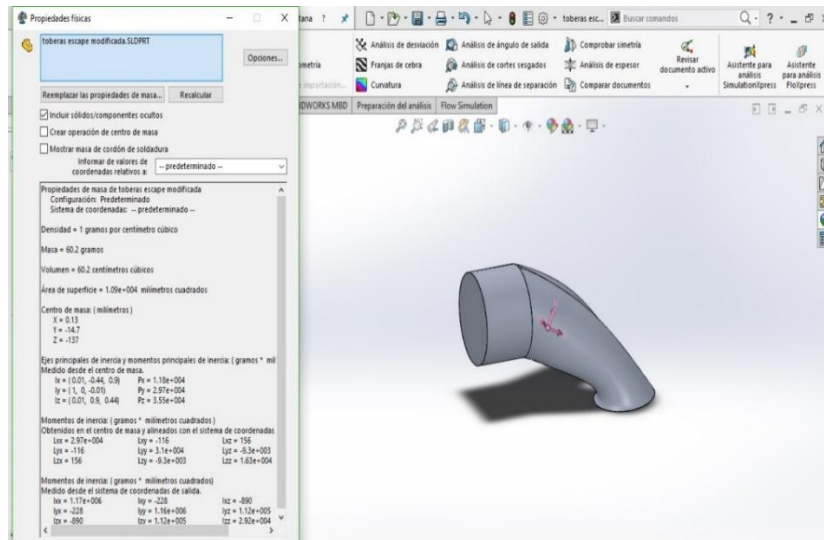


FIGURA 71: Volumen del conducto de escape preparado.

El mismo procedimiento que se realiza para calcular el volumen en los conductos de admisión preparados se realiza con los conductos de escape preparados para poder de igual manera justificar que los volúmenes sean iguales a los obtenidos en la práctica y por consiguiente el gráfico se lo está realizando de una excelente manera, además conocer que las medidas obtenidas son exactas para poder realizar la gráfica.

3.14 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO

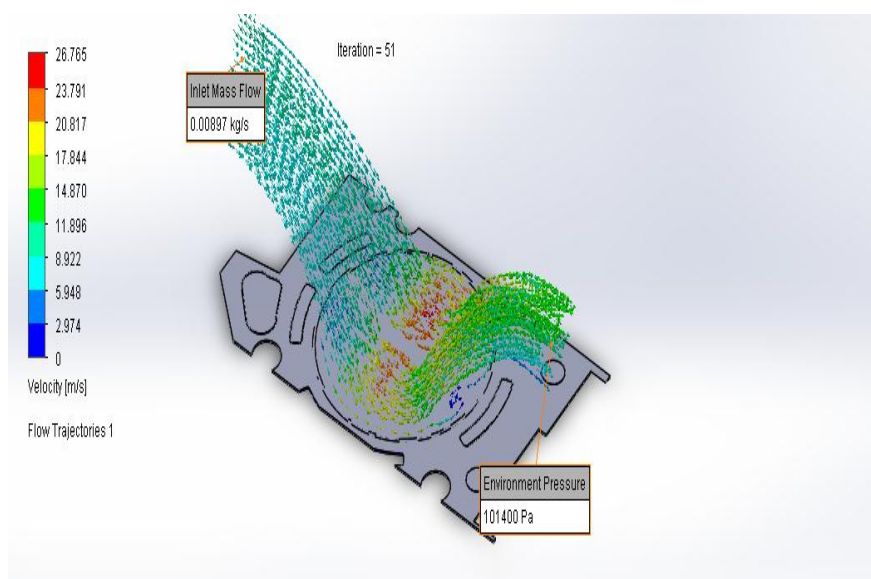


FIGURA 72: Simulación del paso de aire en la culata preparada.

Realizando la simulación en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se realizó el procedimiento adecuado para lograr la simulación del flujo de aire que se encuentra en el interior de la culata preparada. Los parámetros que se utilizó para la simulación son los mismos utilizados para la simulación con la culata estándar. La gráfica indica claramente la dirección y la velocidad del fluido.

3.15 SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS

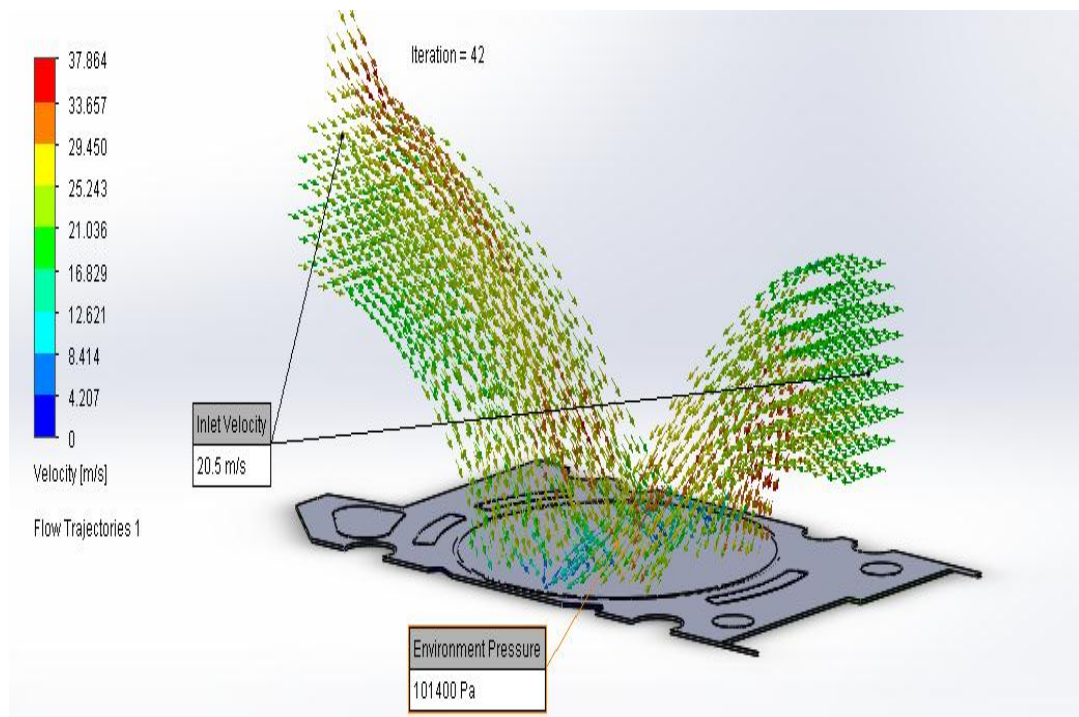


FIGURA 73: Simulación del paso de aire en los conductos de la culata estándar utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas.

Realizando la simulación en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se ejecutó el procedimiento adecuado para lograr la simulación del flujo de aire que se encuentra en el interior de la culata preparada utilizando el equipo de comprobación de flujo para culatas. Los parámetros que se utilizó para la simulación son los mismos utilizados con la culata estándar, la gráfica indica claramente la dirección y la velocidad del fluido.

3.16 PRUEBAS DE FLUJO EN LA CULATA PREPARADA MEDIANTE UN EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS

3.16.1 PRUEBA DE FLUJO EN EL PRIMER CONDUCTO “CULATA PREPARADA”

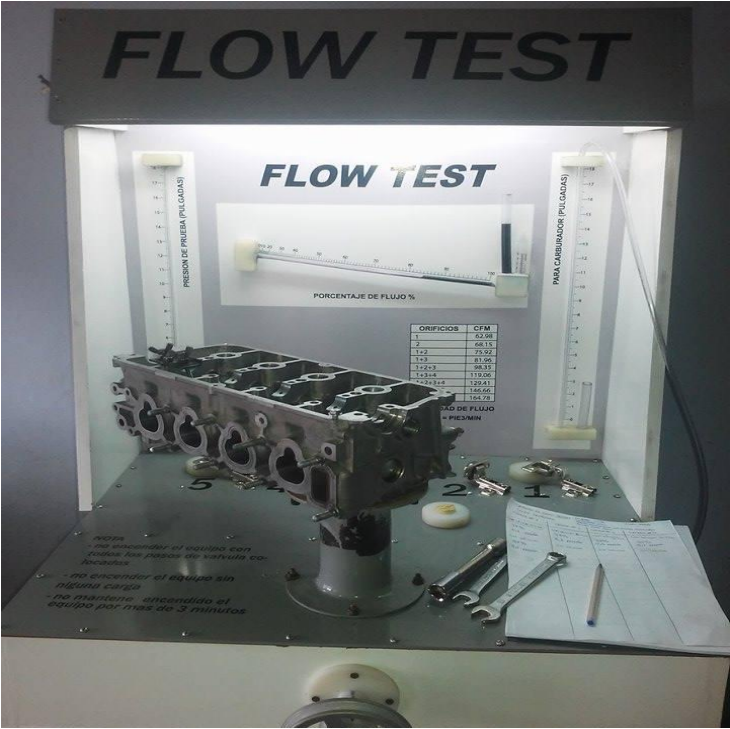


FIGURA 74: Prueba de flujo en el primer conducto “culata preparada”

En la figura se observa la culata preparada montada en el equipo de prueba para obtener los valores del primer conducto.

TABLA 7: Datos de la prueba del primer conducto “culata preparada”

Primer conducto culata preparada	
Porcentaje de flujo	84%
Presión	0.2 in H2O

3.16.2 PRUEBA DE FLUJO EN EL SEGUNDO CONDUCTO “CULATA PREPARADA”



FIGURA 75: Prueba de flujo en el segundo conducto “culata preparada”

En la figura se observa la culata preparada montada en el equipo de prueba para obtener los valores del segundo conducto.

TABLA 8: Datos de la prueba del segundo conducto “culata preparada”

Segundo conducto culata preparada	
Porcentaje de flujo	84%
Presión de	0.2 in H2O

3.16.3 PRUEBA DE FLUJO EN EL TERCER CONDUCTO “CULATA PREPARADA”



FIGURA 76: Prueba de flujo en el tercer conducto “culata preparada”

En la figura se observa la culata preparada montada en el equipo de prueba para obtener los valores del tercer conducto.

TABLA 9: Datos de la prueba del tercer conducto “culata preparada”

<

Tercer conducto culata preparada	
Porcentaje de flujo	84%
Presión	0.2 in H2O

3.16.4 PRUEBA DE FLUJO EN EL CUARTO CONDUCTO “CULATA PREPARADA”

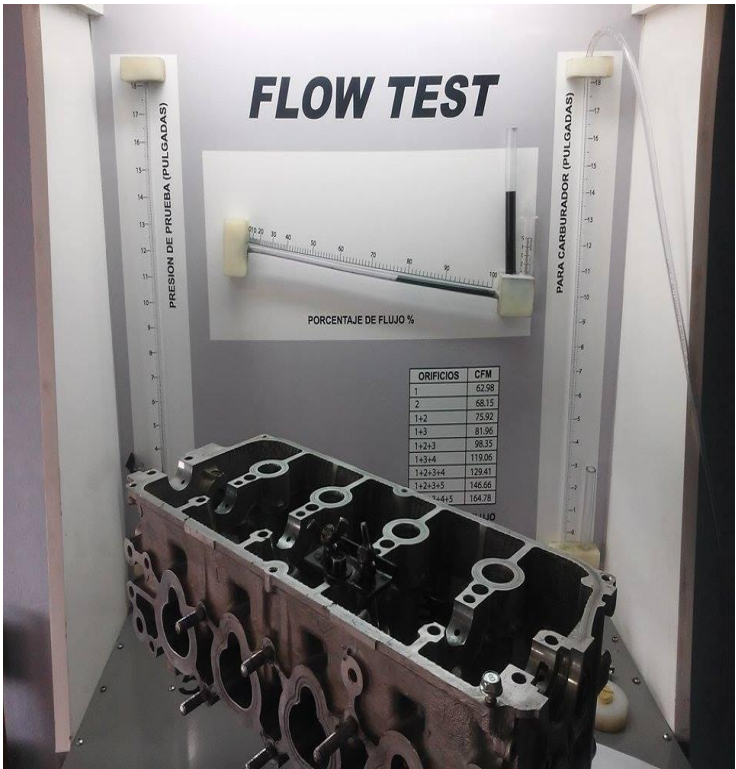


FIGURA 77: Prueba de flujo en el cuarto conducto “culata preparada”

En la figura se observa la culata preparada montada en el equipo de prueba para obtener los valores del cuarto conducto.

TABLA 10: Datos de la prueba del cuarto conducto “culata preparada”

Cuarto conducto culata preparada	
Porcentaje de flujo	84%
Presión	0.2 in H2O

3.17 MONTAJE DE LA CULATA PREPARADA

Una vez realizada la verificación de todos los componentes de la culata y al haber terminado el trucaje de la misma, se realiza una limpieza a profundidad con aire y gasolina a presión, logrando sacar todas las limallas y polvo de la superficie externa e interna de la culata. El block debe estar completamente limpio para que el empaque cumpla su función de sellar y permitir la unión de culata y block.

3.17.1 MONTAJE DE VÁLVULAS, RESORTES Y SEGUROS

Para realizar el montaje de las válvulas también es necesario el uso del prensa válvulas, primeramente se coloca en la culata la válvula respectiva, el resorte y el platillo, todo esto se ajusta con la ayuda del prensa válvulas y se coloca los seguros. Se repite este mismo procedimiento para cada válvula tanto de admisión como de escape.

Al final revisar que los seguros se encuentren bien colocados en sus guías y que el resorte quede firme.



FIGURA 78: Montaje de válvulas, resortes y seguros.

3.17.2 MONTAJE DE BALANCINES Y RIEL

Primeramente se procede a introducir el riel que sujeta a los balancines por el agujero de la parte posterior de la culata, la instalación la debemos hacer conjuntamente con los balancines al nivel que pasa el riel empujando para que quede acoplado muy bien. Una vez introducidos todos los balancines sujetar el riel con los 6 pernos de cabeza hexagonal número 5.

Al final de montar todos asegurarse que los balancines queden firmes y estén alineados con las válvulas respectivas.



FIGURA 79: Montaje de balancines y riel.

3.17.3 MONTAJE DE LA CULATA AL BLOCK

El montaje se realiza aplicando una delgada capa de pega empaques en la junta que separa al block de cilindros con la culata, seguidamente se procede a poner cuidadosamente el empaque en las guías del block para evitar que se mueva al momento de colocar la culata, finalmente se termina guiando con los pernos de sujeción, el torque de ajuste es de 60 a 70 (ft-lb) con un torquímetro (herramienta especial para dar ajustes a torques exactos).

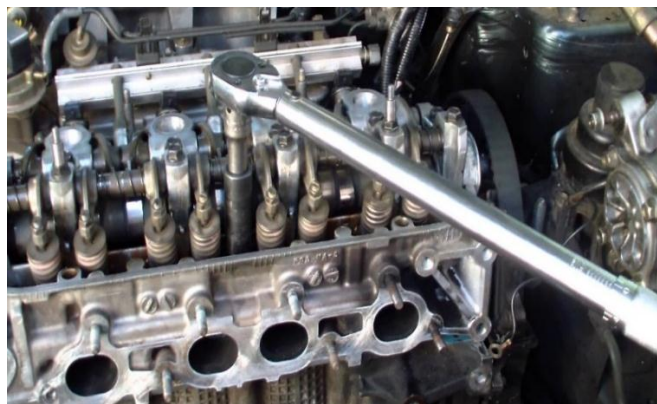


FIGURA 80: Montaje de la culata al block.

3.17.4 MONTAJE DE ÁRBOL DE LEVAS

En este caso la instalación se realiza una vez montada la culata al block, se coloca el árbol de levas en la dirección que indica la flecha y cada una de las bancadas va según el orden que está señalado, una vez terminado se procede a colocar dos pernos de sujeción en cada una de estas, el torque adecuado es de 30 (ft-lb) a cada perno. Para finalizar se instala la polea dentada en las guías del árbol de levas dando un torque de 30 a 40 (ft-lb).



FIGURA 81: Montaje del árbol de levas.

3.17.5 MONTAJE DE BANDA DENTADA DE DISTRIBUCIÓN Y TEMPLADOR

Para el montaje de la correa dentada primero se coloca a punto el motor y se verifica que todas las marcas coincidan en los puntos señalados por el fabricante, una vez ubicado en esa posición colocar de forma correcta el tensor y finalmente se coloca cuidadosamente la correa dentada, asegurarse que no se movieron las marcas señaladas por el fabricante y realizar el ajuste necesario para templar la correa, en todo momento utilizar las herramientas adecuadas con el fin de prevenir roturas de pernos o aislamientos de los mismos.



FIGURA 82: Montaje de banda dentada de distribución y templador.

3.17.6 MONTAJE DE COLECTOR DE ESCAPE

Reunidos todos los pernos que unen el colector de escape con la culata, se procede a colocar su respectivo empaque, a continuación se guía y se da un ajuste de 40 (ft-lb), seguidamente se coloca la protección de calor y se instala el silenciador, al final del montaje verificar que este quede firme al vehículo.



FIGURA 83: Montaje de colector de escape.

3.17.7 MONTAJE DE COLECTOR DE ADMISIÓN, CUERPO DE ACELERACIÓN, DEPURADOR / FILTRO Y FLAUTA DE INYECTORES

El colector de admisión va instalado al lado opuesto del colector de escape, para su montaje primero se coloca su respectivo empaque, seguidamente se coloca y se sujeta el múltiple de admisión con 8 tuercas con un dado de racha número 14mm a un torque de 40 (ft-lb), una vez ajustado acoplar la manguera de caucho con una abrazadera al colector, a continuación colocar el filtro de aire y la tapa del depurador, por último, se monta la flauta con los inyectores en el colector de admisión y se revisa el ajuste de los dos pernos que la mantienen firme.



FIGURA 84: Montaje de colector de admisión y cuerpo de aceleración.

3.17.8 MONTAJE DE BANDAS DE ACCESORIOS Y EL CABLE ACELERADOR

Se ajustan las poleas de accesorios en el lugar específico, a continuación, se coloca cada una de las bandas de accesorios y se empieza a templar. El ventilador se acopla junto con una de las poleas de accesorios sujetándose con 4 tuercas a los espárragos, con un torque de 25 (ft-lb) con un dado de racha número 10 mm. Finalmente se coloca con el seguro el cable del acelerador a la platina que sobresale del colector de admisión.



FIGURA 85: Instalación ventilador y bandas de accesorios.

3.17.9 MONTAJE DE TAPA VÁLVULAS Y CONEXIÓN DE SENSORES

Para el montaje del tapa válvulas, primeramente se coloca la tapa válvulas con su respectivo empaque y se procede a ajustar los 6 pernos de sujeción con la ayuda de un dado de racha número 10 mm a un torque de 20 a 25 (ft-lb), una vez fijado se coloca las bujías con sus respectivas bobinas.

Finalmente se conectan todos los sensores del motor, verificar que todos estén bien conectados para que la ECU no envíe códigos de falla y el motor funcione correctamente.



FIGURA 86: Montaje de culata terminado.

3.18 PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA PREPARADA UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO

Las pruebas para realizar la medición de potencia (HP) y torque (ft-lb) que tiene el vehículo con la culata preparada se la realiza en el mismo banco de pruebas llamado dinamómetro, con el fin de obtener valores exactos y reales para así poder realizar una comparativa entre resultados.



FIGURA 87: Grand Vitara 1600cc SOHC sobre rodillos del Dinamómetro.

Una vez sujetado con el arnés de seguridad el vehículo, se procede a acelerar el motor hasta encontrar su punto máximo de potencia, permitiendo girar a los rodillos a altas velocidades y enviando los datos automáticamente a la computadora para que realice los cálculos y proporciona un informe detallado y real a diferentes regímenes de giro de funcionamiento del motor.

Name: Michael Lopez		Engine's Test Hours: 19483	
Vehicle: Vitara 3P		Engine Type: #1- Four Stroke Otto	
Engine			
Engine Make: Suzuki G16B6		Compression Ratio: 9.500 :1	
Engine Model: 1600		Rod Length: 144.8 mm	
Engine Serial #: [redacted]		Bore: 75.00 mm	
Engine Description:		Stroke: 90.00 mm	
Advertised Power: 87.00 Hp @ 5600 RPM		Displacement: 1590 cc	
Piston Description:			
Weather			
Air Temperature: 25 Degree C		Temperature Correction Factor: 1.000	
Barometric Pressure: 66.10 kPa		Barometric Correction Factor: 1.000	
Relative Humidity: 38 %		Humidity Correction Factor: 1.000	
Vapor Pressure: 0.365 in Hg		Final Correction Factor: 1.000	
Relative Air Density: 0.72		Correction Method: Observed	
Friction Compensation: 100.00 %		Weather Source: Weather Station	
Mechanical Efficiency: Calculated ME %			
Inertia			
		Inertia Compensation: #2- INERTIA ONLY	
Vehicle			
VIN/Serial Number:		Tire Diameter: 75.00 cm	
Vehicle Description:		Speedometer Source: #0- Shaft RPM	
Weight: 1490 kg		Acceleration Source: #0- Speedometer	
Coast Down: 0.055 G's @ Coast of: 55.00 mi/hr		Accelerometer Pitch Compensation: 1.000	
Roller Diameter: 12.00 inches		Axle Ratio: 0.355	
Fuel			
Fuel Description: Super		Octane: 0	
Fuel Pressure: 0 PSI		Specific Gravity: 0.730	
AFR Source: #7- User AFR Source		Calculate Fuel Flow Method: #0- Use Fuel A	

FIGURA 88: Ingreso de información en el software del Dinamómetro.

Una vez ingresada la información, la computadora memoriza los datos para realizar los cálculos en los diferentes regímenes de giro del motor, obteniendo así los resultados exactos de torque y potencia que posee el vehículo.

3.18.1 CURVAS DE POTENCIA Y TORQUE

El software del dinamómetro permite realizar comparaciones de las diferentes curvas a diferentes velocidades (RPM), las cuales son: curva de potencia (HP), curva de torque (ft-lb), curva de mezcla aire combustible AFR (A/F).

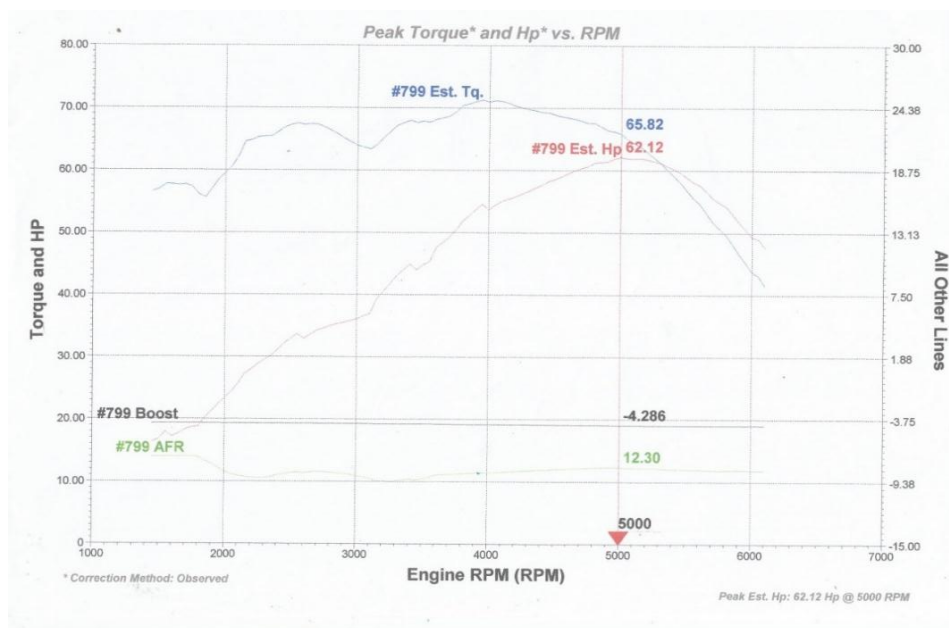


FIGURA 89: Curvas de torque y potencia obtenidas en el dinamómetro.

Se aprecia en este gráfico una curva irregular de color azul que representa al torque y una línea de color rojo que representa la potencia, las cuales se expresan en relación con las revoluciones por minuto del motor Grand Vitara 1600 cc SOHC.

Los datos inician desde las 1500 RPM con una potencia de 16.75 (HP) y un torque de 56.94 (ft-lb). Al acercarse a las 2000 RPM se observa un aumento de potencia hasta 23.35 (HP) y un torque de 59.53 (ft-lb). Al aumentar las revoluciones hasta las 3000 RPM se obtiene una potencia de 36.06 (HP) y un torque de 63.91 (ft-lb). Al llegar a las 4000 RPM existe un aumento de potencia llegando a 53.61 (HP) y un torque de 70.96 (ft-lb). La potencia máxima es obtenida a las 5000 RPM llegando a 62.12 (HP) y un torque de 65.82 (ft-lb).

TABLA 11: Parámetros del motor Grand Vitara 1600cc SOHC.

Dinamyca Competicion
Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
Quito-Ecuador
Phone : 59322411805

DYNOMite Test Run: Michael lopez #799 on 2017-24-02 @ 19-31-05
Date: 02/24/2017
Correction Method: Observed

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	A/F (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1600	16.75	-4.133	13.92	56.94
1800	17.10	-4.110	13.93	57.64
1700	16.25	-4.120	13.99	57.69
1800	16.76	-4.125	13.89	55.98
1900	21.25	-4.133	12.85	57.02
2000	23.35	-4.135	11.67	59.53
2100	25.59	-4.136	10.98	62.15
2200	27.99	-4.140	10.90	64.74
2300	29.47	-4.145	10.94	65.35
2400	31.06	-4.149	10.95	66.08
2500	32.68	-4.156	11.27	67.22
2600	32.99	-4.156	11.35	67.22
2700	34.19	-4.161	11.51	67.27
2800	34.94	-4.165	11.45	66.30
2900	35.47	-4.169	11.23	65.02
3000	36.06	-4.170	10.98	63.91
3100	36.95	-4.173	10.90	63.37
3200	40.47	-4.180	10.03	65.15
3300	42.99	-4.188	10.05	67.12
3400	44.86	-4.195	10.40	67.98
3500	44.74	-4.194	10.40	67.80
3600	47.56	-4.205	11.03	66.15
3700	49.25	-4.213	11.13	66.69
3800	51.80	-4.221	11.23	70.38
3900	53.92	-4.231	11.39	70.98
4000	53.91	-4.231	11.36	70.96
4100	55.02	-4.235	11.52	71.04
4200	55.73	-4.237	11.64	70.28
4300	56.84	-4.239	11.74	69.75
4400	57.60	-4.243	11.84	69.33
4500	58.53	-4.249	11.94	68.89
4600	59.45	-4.256	12.06	68.45
4700	60.30	-4.263	12.17	67.94
4800	61.20	-4.270	12.25	67.53
4900	61.41	-4.279	12.32	66.36
5000	62.12	-4.286	12.30	65.82
5100	61.88	-4.293	12.26	64.30
5200	61.70	-4.300	12.21	62.90
5300	61.18	-4.304	12.12	61.20
5400	60.24	-4.304	11.99	59.17
5500	58.91	-4.304	11.96	56.84
5600	57.60	-4.304	11.93	54.99
5700	55.50	-4.304	11.87	51.71
5800	54.20	-4.299	11.86	49.64
5900	51.59	-4.301	11.85	46.48
6000	49.31	-4.301	11.84	43.70
6100	47.52	-4.300	11.84	41.44

En esta tabla se tiene los resultados exactos del momento de la prueba realizada en el banco Dinamómetro en donde se encuentra detallado RPM, Hp, mezcla aire/combustible y torque, se detalla el inicio de funcionamiento del vehículo a 1600 RPM con una potencia de 17.15 (HP) y un torque de 57.64 (ft-lb), al acelerar se observa como la potencia y el torque aumentan hasta llegar al punto máximo de desarrollo que son a las 5000 RPM obteniendo una potencia de 62.12 (Hp) y un torque de 65.82 (ft-lb).

Estos datos de la tabla sirven al software para poder realizar la gráfica n°68.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS COMPARATIVOS DE LA CULATA ESTÁNDAR VS CULATA PREPARADA DEL VEHÍCULO GRAND VITARA 1600CC SOHC

TABLA 12: Comparativa de resultados culata estándar vs culata preparada.

Resultados obtenidos				
Equipos y herramientas utilizadas	Culata estándar		Culata preparada	
Sobredimensionamiento de conductos	Admisión 41 mm	Escape 32 mm	Admisión 43 mm	Escape 33 mm
Equipo de comprobación de flujo para culatas	82% flujo	0.4 in H ₂ O	84% flujo	0.2 in H ₂ O
Cálculo del volumen de conductos práctico	Admisión 95 cm ³	Escape 59 cm ³	Admisión 97cm ³	Escape 60cm ³
Cálculo del volumen de conductos Software Solidworks	Admisión 94.89 cm ³	Escape 58.60 cm ³	Admisión 96.93 cm ³	Escape 60.20 cm ³
Simulación en el Software Solidworks	26.432 m/s		26.765 m/s	
Dinamómetro	5100 RPM	57.67 Hp	5000 RPM	62.12 Hp
		59.97 ft-lb		65.82 ft-lb

4.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLUJO DE LA CULATA ESTÁNDAR MEDIANTE EL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS



FIGURA 90: Resultados de la prueba de flujo de la culata estándar.

Al realizar la prueba de flujo en la culata estándar del vehículo en estudio, en el equipo de comprobación de flujo de culatas, utilizando la escala de 68.15 CFM, este valor se obtiene al destapar únicamente el segundo orificio del equipo, el resultado que se obtuvo es 82% de flujo en cada uno de los cilindros del motor, y una presión de 0.4 in H₂O, la culata de este vehículo es original y se pudo notar también que la cantidad de flujo es uniforme en todos los cilindros.

4.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLUJO DE LA CULATA PREPARADA MEDIANTE EL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS



FIGURA 91: Resultados de la prueba de flujo de la culata preparada.

Al finalizar el trucaje de la culata del vehículo en estudio, se realizó la misma prueba de flujo realizada a la culata estándar bajo los mismos parámetros, que es utilizando la escala de 68.15 CFM, el resultado obtenido es 84% de flujo en cada uno de los cilindros del motor, y una presión de 0.2 in H₂O, luego de varias pruebas y sobredimensionando poco a poco los conductos se logró mantener el flujo uniforme en todos los conductos, la presión disminuyó debido a que la culata preparada tiene menor restricción del paso de aire, y por consiguiente el flujo es ideal.

4.4 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE LA CULATA ESTÁNDAR



FIGURA 92: Resultado del volumen de conductos estándar

TABLA 13: Resultado de medición del volumen estándar.

Volumen de conductos estándar	
Volumen del conducto de admisión estándar	95 centímetros cúbicos
Volumen del conducto de escape estándar	59 centímetros cúbicos

En la tabla se observa el resultado de los volúmenes en los conductos de admisión y escape estándar, siendo para el conducto de admisión 95 centímetros cúbicos y para escape 59 centímetros cúbicos, dicho resultado se obtuvo introduciendo líquido en el interior de cada conducto hasta llenarlo y que luego fue medido para tener un resultado total.

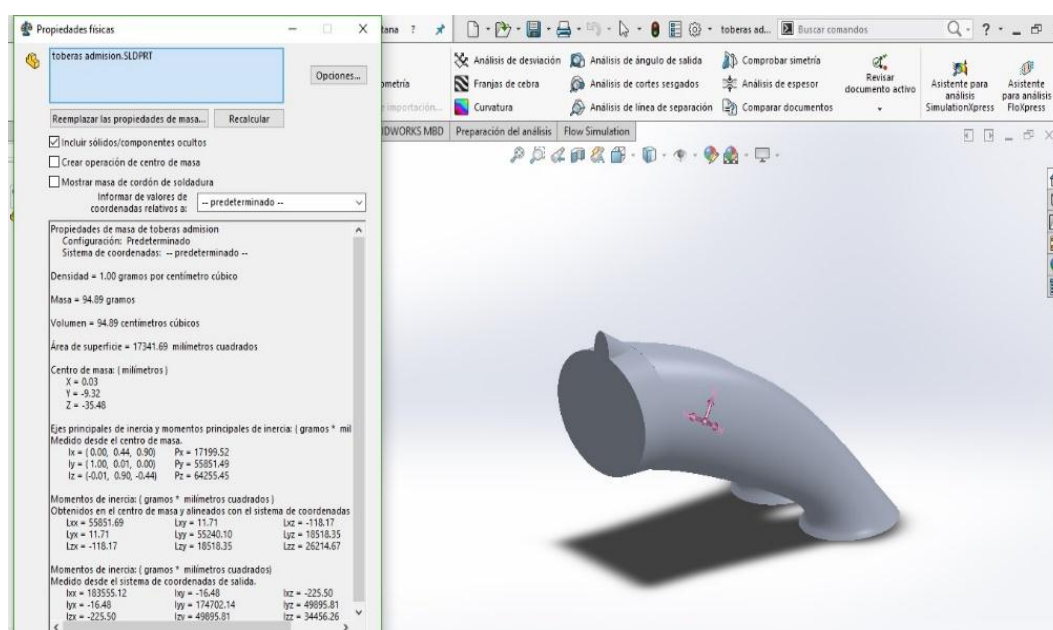


FIGURA 93: Resultado del volumen de admisión estándar.

TABLA 14: Resultado de medición del volumen estándar en Solidworks.

Volumen de conductos de admisión estándar – gráfico	94.89 centímetros cúbicos
Volumen de conductos de admisión estándar – práctico	95 centímetros cúbicos

En la tabla se observa el volumen del conducto de admisión estándar obtenido mediante el software Solidworks y también el volumen que se obtuvo en la práctica, dando como resultado 94.89 centímetros cúbicos para el volumen del gráfico en el software y 95 centímetros cúbicos para el volumen práctico, el valor de diferencia que existe entre estos dos es despreciable debido a que se mantienen en dicho rango.

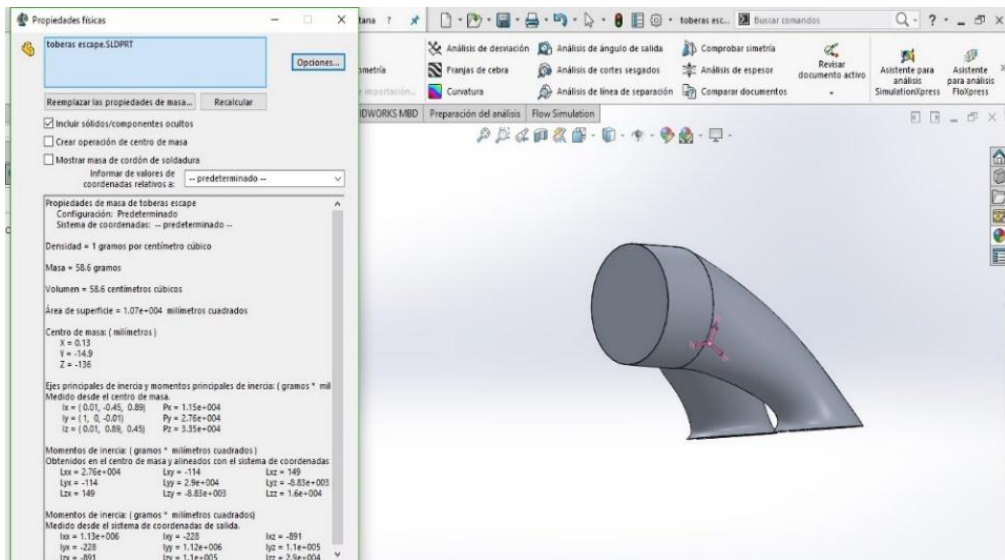


FIGURA 94: Resultado del volumen de escape estándar.

TABLA 15: Resultado de medición del volumen estándar en Solidworks.

Volumen de conductos de escape estándar – gráfico	58.6 centímetros cúbicos
Volumen de conductos de escape estándar – práctico	59 centímetros cúbicos

4.5 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE LA CULATA PREPARADA

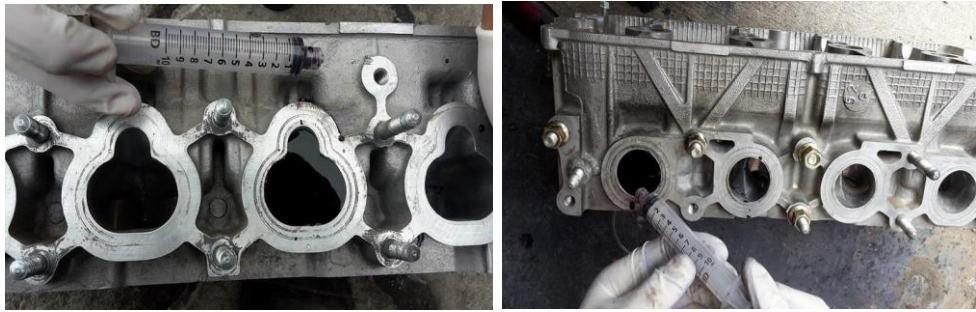


FIGURA 95: Resultado del volumen de conductos preparados.

TABLA 16: Resultado de medición del volumen preparado.

Volumen de conductos preparados	
Volumen del conducto de admisión preparado	97 centímetros cúbicos
Volumen del conducto de escape preparado	60 centímetros cúbicos

En la tabla se observa el resultado de los volúmenes en los conductos de admisión y escape preparados, siendo para el conducto de admisión 97 centímetros cúbicos y para escape 60 centímetros cúbicos, se obtiene un aumento de volumen en comparación con los conductos estándar debido al sobredimensionamiento realizado, mientras más grande sea un conducto mayor será su volumen.

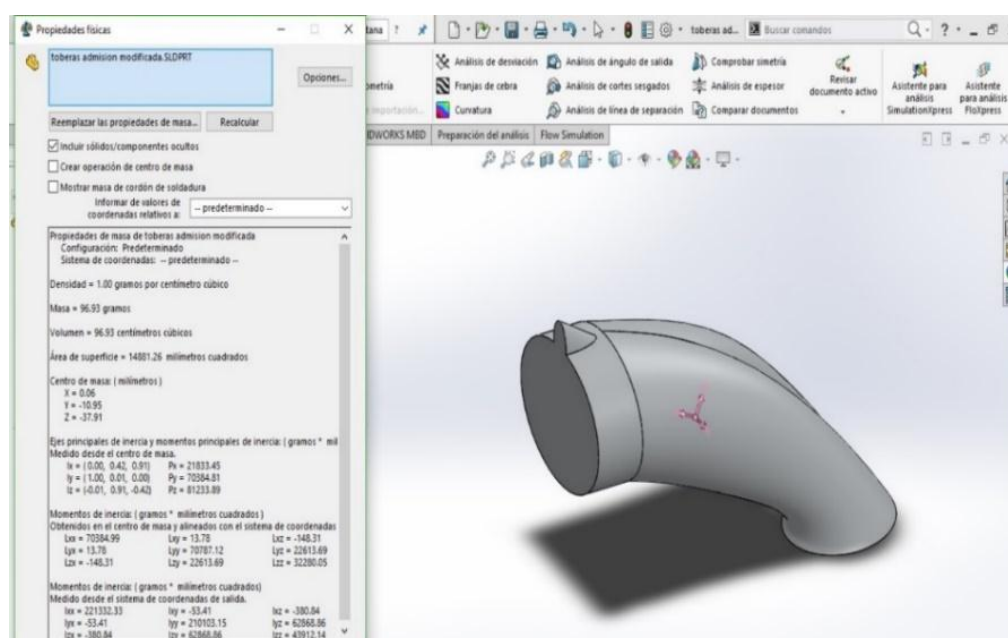


FIGURA 96: Resultado del volumen de admisión preparado.

TABLA 17: Resultado de medición del volumen preparado en Solidworks.

Volumen de conductos de admisión preparados - gráfico	96.93 centímetros cúbicos
Volumen de conductos de admisión - práctico	97 centímetros cúbicos

En la tabla se observa el volumen del conducto de admisión preparado obtenido mediante el software Solidworks y también el volumen que se obtuvo analíticamente, dando como resultado 96.93 centímetros cúbicos para el volumen del gráfico y 97 centímetros cúbicos para el volumen práctico, el valor de diferencia que existe entre estos dos es despreciable debido a que se mantienen en dicho rango.

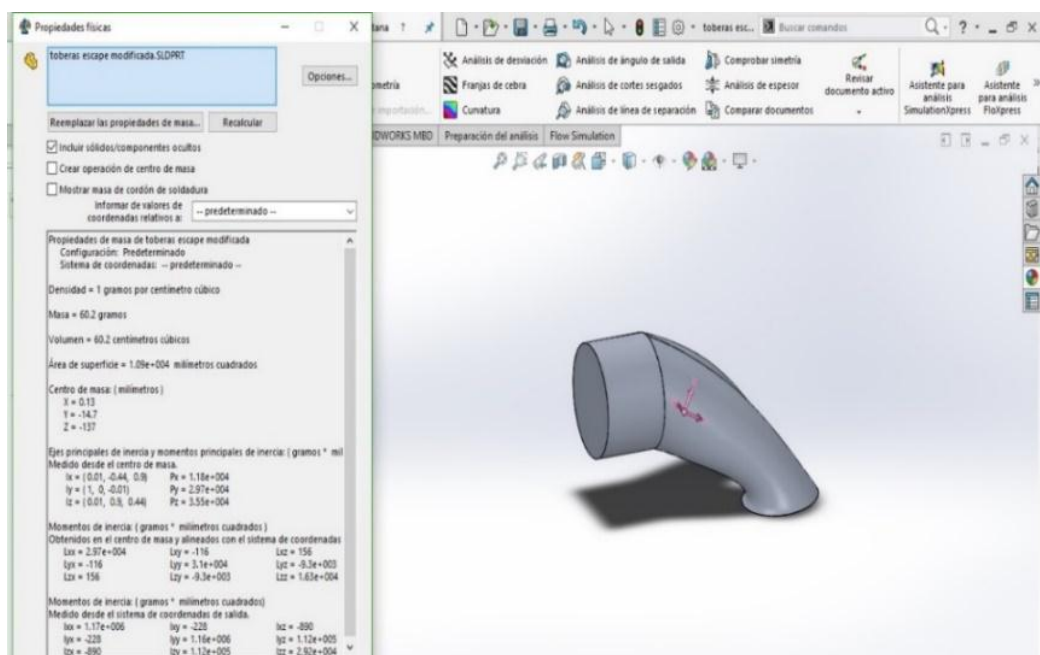


FIGURA 97: Resultado del volumen de escape preparado.

TABLA 18: Resultado de medición del volumen preparado en Solidworks.

Volumen de conductos de escape gráfico	60.2 centímetros cúbicos
Volumen de conductos de escape práctico	59 centímetros cúbicos

En la tabla se observa el volumen del conducto de escape preparado obtenido mediante el software Solidworks y también el volumen que se obtuvo analíticamente, dando como resultado 60.2 centímetros cúbicos para el volumen del gráfico y 59 centímetros cúbicos para el volumen práctico, el valor de diferencia que existe entre estos dos es despreciable debido a que se mantienen en dicho rango.

4.6 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO

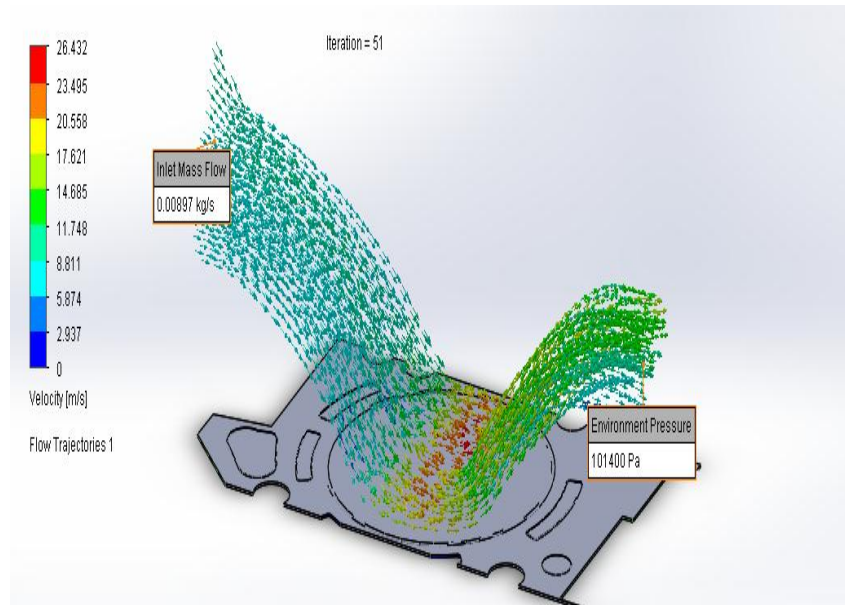


FIGURA 98: Resultados de la simulación de la culata estándar, basada en el funcionamiento del vehículo.

Para la simulación de la culata estándar en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se utilizó un valor extraído del vehículo en estudio de 0.00897 kg/s que es la cantidad de flujo de aire que entra a la culata y otro valor de 101400 Pa que es la presión atmosférica a la que se encuentra la ciudad de Ibarra. Los resultados que se obtienen del software indican cada valor con diferente color, a baja velocidad se observa de color azul, los colores cambian acorde a la velocidad generada, hasta llegar al color rojo el cual significa la velocidad máxima que pasa por la culata.

Los datos que arroja el software luego de hacer la simulación de la culata estándar indican claramente que tiene una velocidad máxima con color rojo de 26.432 m/s.

4.7 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO

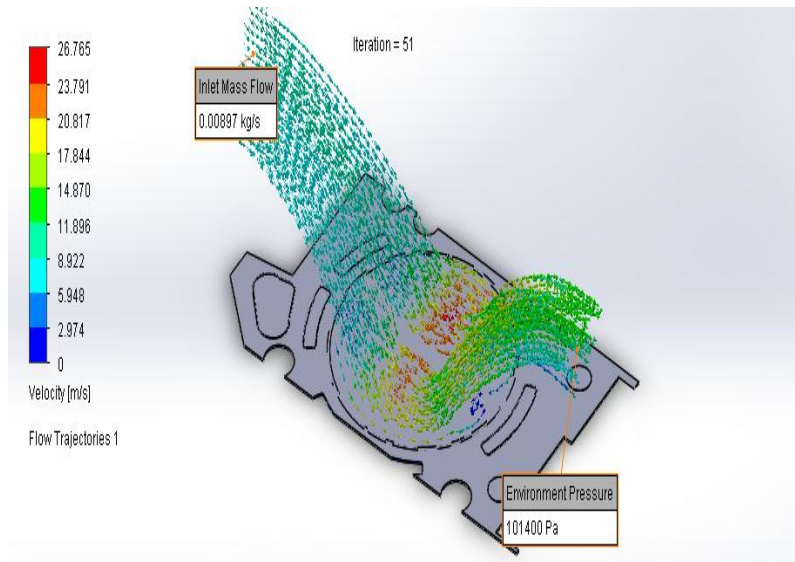


FIGURA 99: Resultados de la simulación de la culata preparada, basado en el funcionamiento del vehículo

Para la simulación de la culata preparada en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation se utilizó los mismos valores utilizados en la culata estándar con el fin de poder realizar una comparativa entre las dos bajo los mismos parámetros. Los resultados que se obtienen del software indican cada valor con diferente color, a baja velocidad se observa de color azul y mientras sube su velocidad los colores cambian hasta llegar al color rojo el cual significa la velocidad máxima.

Los datos que arroja el software luego de hacer la simulación de la culata preparada indican claramente que tiene una velocidad máxima con color rojo de 26.765 m/s.

El software sirve de gran ayuda para poder cuantificar la velocidad de aire que existe entre una culata estándar y una preparada con datos precisos y reales, claramente se puede notar que al realizar el trucaje de la culata se obtuvo un aumento de velocidad del aire de 0.333 m/s en cada cilindro de la culata preparada en comparación con la culata estándar, logrando de esta manera un mejor llenado de aire dentro de la cámara.

4.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA ESTÁNDAR, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS

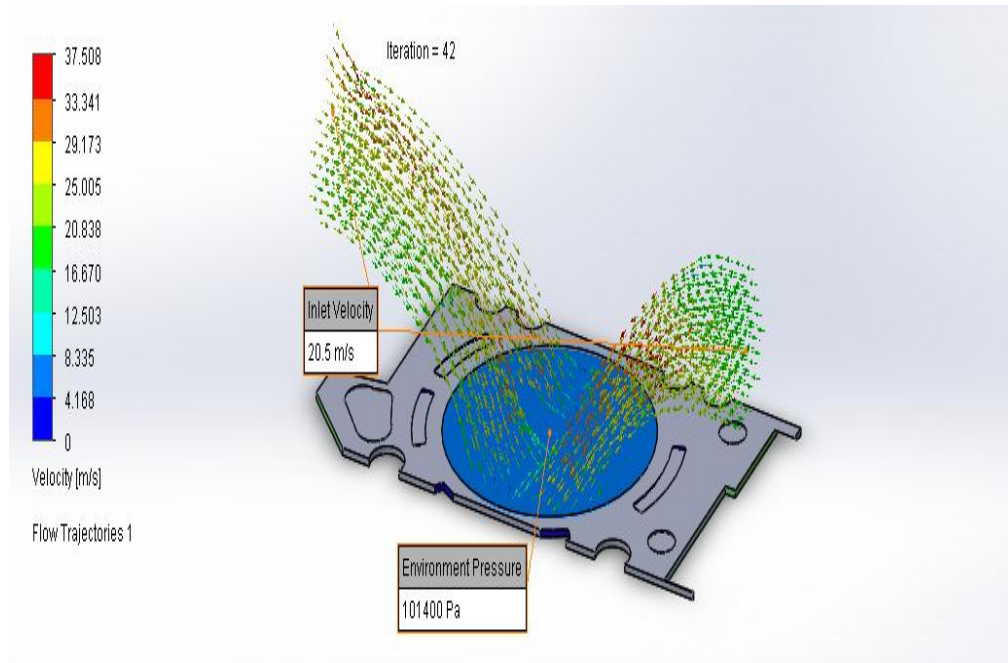


FIGURA 100: Resultados de la simulación de la culata estándar basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.

Esta simulación de la culata estándar en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation está basada en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo de culatas, se introdujo dos valores el primer valor de 20.5 m/s que es la velocidad del aire a la cual trabaja el equipo y el segundo valor de 101400 Pa que es la presión atmosférica a la cual se encuentra la ciudad de Ibarra. Los resultados que arroja el software después de realizar la simulación son claros y exactos, cada valor es de diferente color, esto depende de la velocidad a la que se encuentre, la baja velocidad se expresa de color azul y mientras aumente la velocidad los colores cambian hasta llegar al color rojo el cual significa la velocidad máxima del paso de aire.

Los datos que arroja el software luego de realizar la simulación de la culata estándar basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de culatas indican claramente que tiene una velocidad máxima con color rojo de 37.508 m/s.

4.9 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL PASO DE AIRE EN LOS CONDUCTOS DE LA CULATA PREPARADA, BASADO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPROBACIÓN DE FLUJO PARA CULATAS

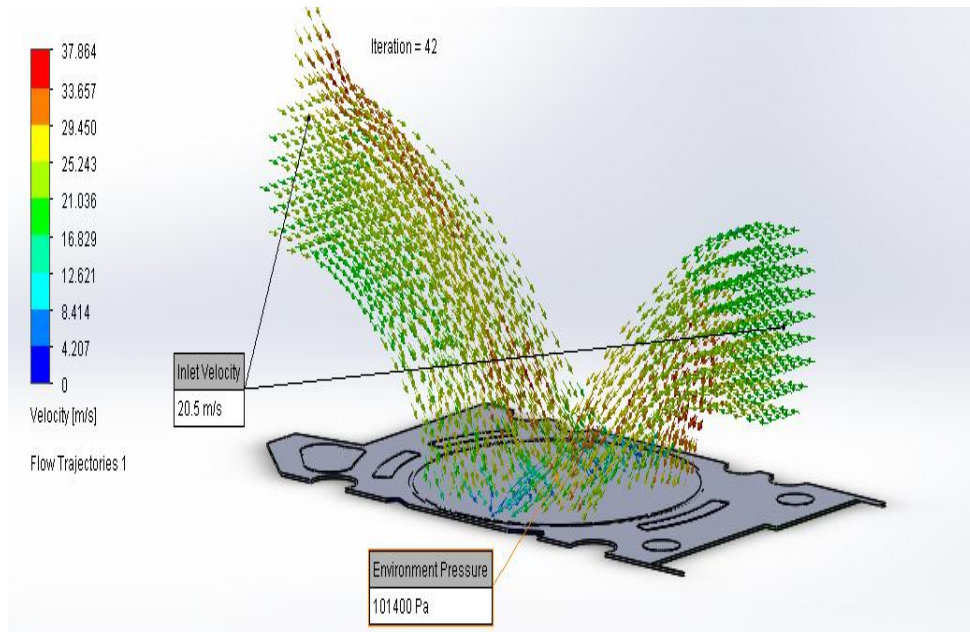


FIGURA 101: Resultados de la simulación de la culata preparada basado en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo para culatas.

Esta simulación de la culata preparada en el software Solidworks en el módulo Flow Simulation está basada en el funcionamiento del equipo de comprobación de flujo de culatas, se introdujo dos valores el primer valor de 20.5 m/s que es la velocidad del aire a la cual trabaja el equipo y el segundo valor de 101400 Pa que es la presión atmosférica a la cual se encuentra la ciudad de Ibarra. Los resultados que arroja el software después de realizar la simulación son claros y exactos, cada valor es de diferente color, esto depende de la velocidad a la que se encuentre, la baja velocidad se expresa de color azul y mientras aumente la velocidad los colores cambian hasta llegar al color rojo el cual significa la velocidad máxima del paso de aire.

Los datos que arroja el software luego de realizar la simulación de la culata preparada basada en el funcionamiento del equipo de comprobación de culatas indican claramente que tiene una velocidad máxima con color rojo de 37.864 m/s.

El software sirve de gran ayuda para poder cuantificar la velocidad de aire que existe entre una culata estándar y una preparada con datos precisos y reales, claramente se puede notar que después de realizar el trucaje de la culata se obtuvo un aumento de velocidad del aire de 0.356 m/s en cada cilindro en comparación con la culata estándar, logrando de esta manera un mejor llenado de aire dentro de la cámara.

4.10 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA ESTÁNDAR UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO

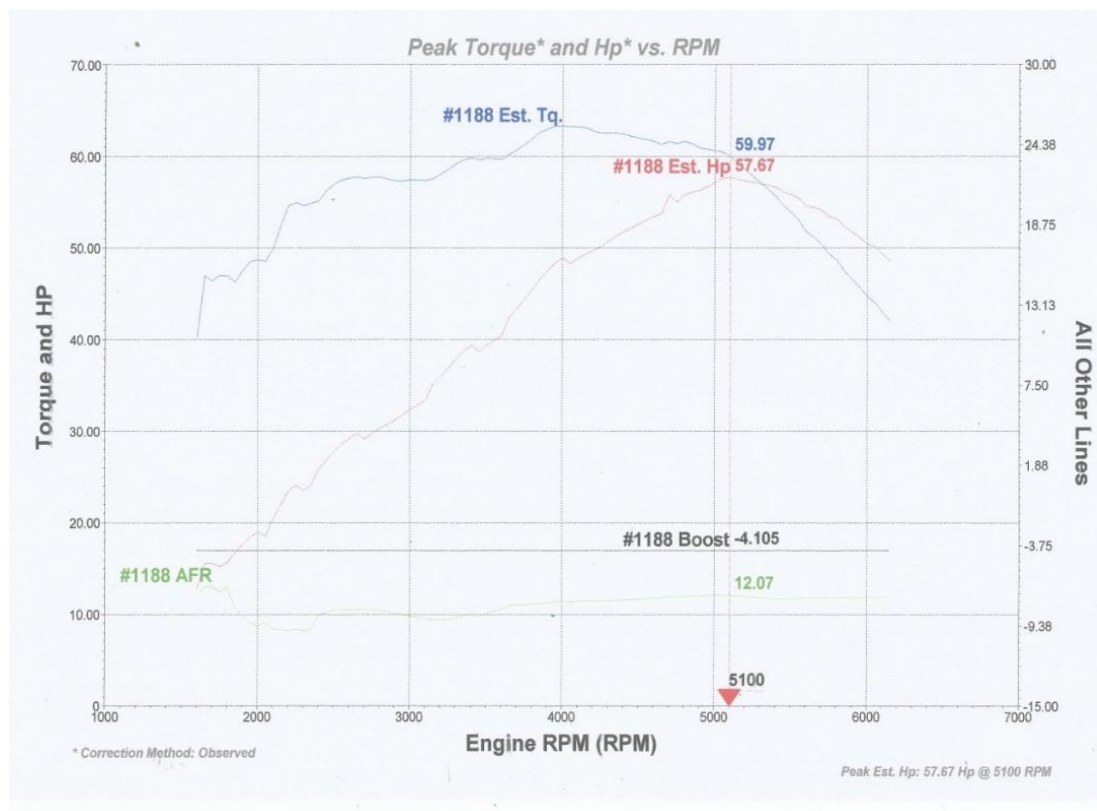


FIGURA 102: Resultados de potencia y torque con culata estándar.

El vehículo Grand Vitara en condiciones estándar tiene una potencia de 57.67 (HP) y un torque de (59.97) (ft-lb), su punto máximo se refleja a las 5100 RPM valores obtenidos de la prueba en el dinamómetro automotriz, además se observa que la mezcla de aire-combustible en bajas RPM es rica introduciendo a la cámara de combustión menos aire y más gasolina, pero al ir aumentando las RPM la mezcla mejora llegando a ingresar hasta 12.07 kg de aire a 1 kg de gasolina.

4.11 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CON CULATA PREPARADA UTILIZANDO UN DINAMÓMETRO

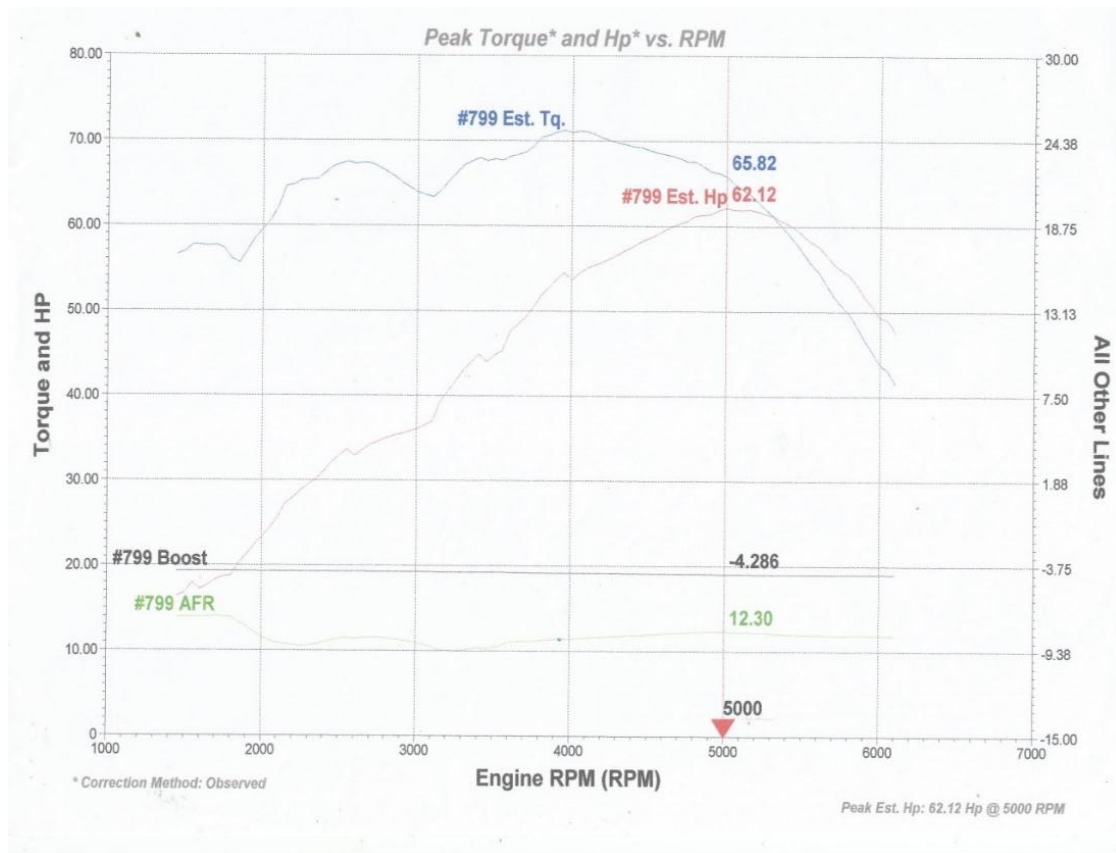


FIGURA 103: Resultados de potencia y torque con culata preparada.

Después de trucar la culata y someterle el vehículo de estudio a la misma prueba en el dinamómetro automotriz se obtiene los siguientes resultados: una potencia de 62.12 (HP) y un torque de 65.82 (ft-lb), su punto máximo se refleja a las 5000 RPM, en conclusión tiene un aumento de potencia de 4.45 (HP) y un aumento de torque de 5.85 (ft-lb), además la mezcla aire-combustible mejoro notablemente en comparación con la culata estándar, y no desciende de los 10 kg de ingreso de aire, su mezcla en altas RPM se eleva hasta llegar a los 12.30 kg de aire, acercándose por muy poco a la mezcla estequiométrica.

4.12 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA Y TORQUE DEL VEHÍCULO CULATA ESTÁNDAR VS CULATA PREPARADA

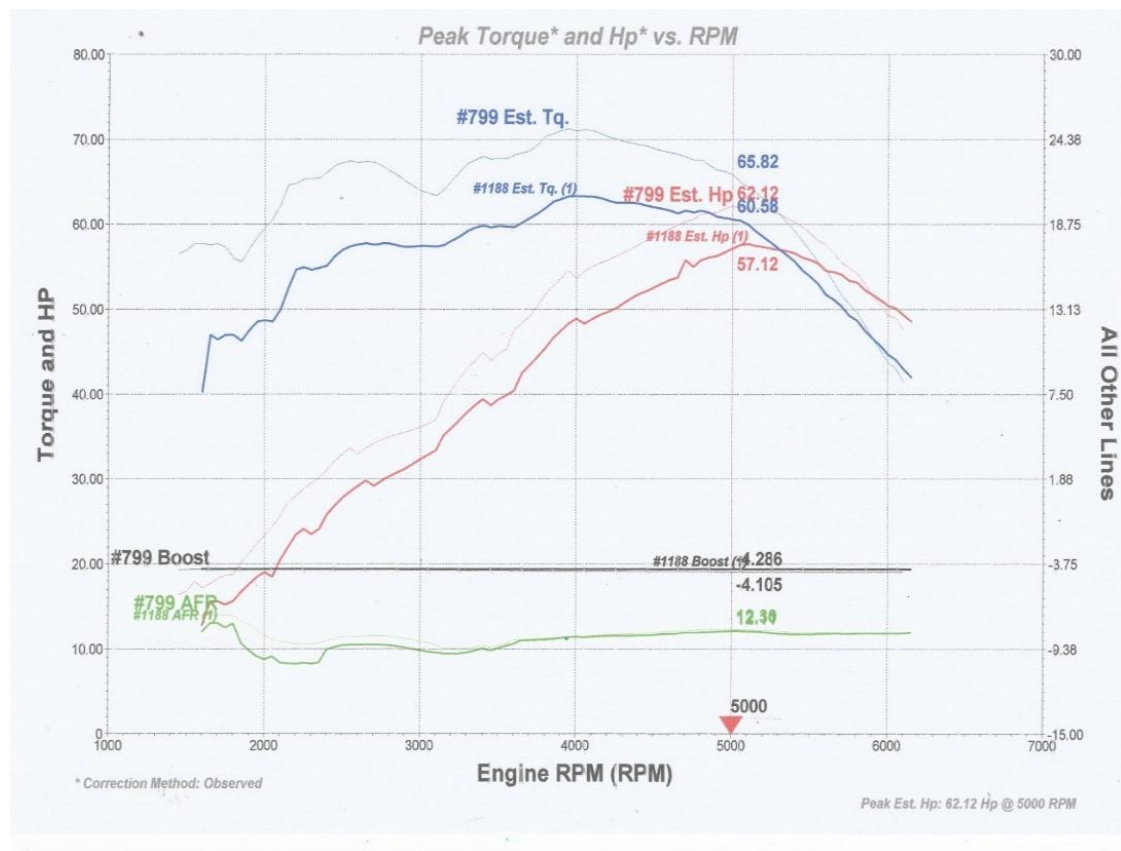


FIGURA 104: Comparación de resultados estándar vs preparado.

El banco de pruebas dinamómetro además de medir la potencia y torque del vehículo por separado también nos permite hacer una comparativa entre las dos pruebas realizadas, es decir el vehículo con culata estándar y con culata preparada, se observa que su punto de comparación entre las dos pruebas es a las 5000 RPM, claramente se aprecia que al mejorar la entrada del aire con la culata preparada existe un aumento de torque y potencia en el vehículo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Mediante el equipo de comprobación de flujo para culatas se logró comprobar un aumento del 8% de flujo de aire y una menor presión de 0.8 in H₂O en toda la culata que sufrió el sobredimensionamiento, además se evidenció que el porcentaje de flujo de aire se mantuvo uniforme en cada uno de los cilindros.
- Con la ayuda del software Solidworks se encontró un aumento de volumen total de 3.64 cm³ en los conductos de admisión y escape de la culata preparada, lo que generó un aumento de velocidad de flujo de aire de 0.33 m/s en cada cilindro, por tal razón esta culata es más eficiente en comparación con la culata estándar debido a la mayor cantidad de aire que ingresa hacia la cámara de combustión.
- Mediante la preparación de la culata se logró aumentar el diámetro de ingreso de aire en el ducto de admisión en 2 mm y en el ducto de escape en 1 mm lo cual se ve reflejado en el aumento de volúmenes de toberas de 2.04 cm³ para admisión y 1.6 cm³ para escape debidamente verificados en el software y analíticamente.
- Con el aumento del flujo de aire total del 8% que se incrementó en la culata; la prueba del vehículo en el dinamómetro automotriz generó un aumento de potencia de 4.45 (HP) y un aumento de torque de 5.85 (ft-lb), además la mezcla aire-combustible mejoro notablemente hasta los 12.30 kg de aire y 1kg de gasolina, acercándose por muy poco a la mezcla estequiométrica que debe tener un motor a gasolina que es teóricamente de 14.7 kg de aire y 1kg de gasolina.

RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación acerca del sobredimensionamiento de las toberas de una culata de un motor a diésel con la ayuda del equipo de comprobación de flujo para culatas.
- Tomar en cuenta la presión atmosférica al momento de realizar la prueba de flujo de la culata en el equipo de comprobación ya que esta varía según la altura donde se realiza la prueba.
- En la gráfica de la culata realizada mediante el software se debe utilizar herramientas como es la digitalización mediante escáner 3D para una mayor exactitud del dibujo.
- En las pruebas para obtención de torque y potencia del vehículo mediante el dinamómetro se debe tener el automotor en excelente funcionamiento para que los resultados sean verdaderos.

BIBLIOGRAFÍA

Acebes, S. S. (2017). *Motores*. España: Editex.

Calleja, D. G. (2011). *Motores*. Madrid: Paraninfo.

Calleja, D. G. (2015). *Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor de Ciclo Otto*. Madrid : Paraninfo.

Calleja, D. G. (2015). *Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares* . España: Paraninfo.

Corporation, D. S. (Octubre de 2015). *Dassault Systèmes SolidWorks (DS SolidWorks)*. Obtenido de <http://www.solidworks.es/sw/products/simulation/flow-simulation.htm>

Eduardo Águeda, J. G. (2014). *Mecánica del vehículo*. Madrid: Paraninfo S,A.

Escudero, S., & Gonzáles, J. (2011). *Motores*. España: Grupo Macmillan.

Ferrer, J., & Checa, G. (2013). *Mantenimiento Mecánico Preventivo del Vehículo*. España: Editex.

Frank Gaviláñez, D. G. (2014). *Diseño y construcción de un flujometro para culatas*. Ecuador - Quito.

Franklin Martinez, D. R. (2012). *Preparación y repotenciación del motor de un vehículo suzuki forza 993 cm3 para competición*. Riobamba .

Funes, C. A. (2011). *Motores para competición (Diseño y Preparación)*. Buenos Aires.

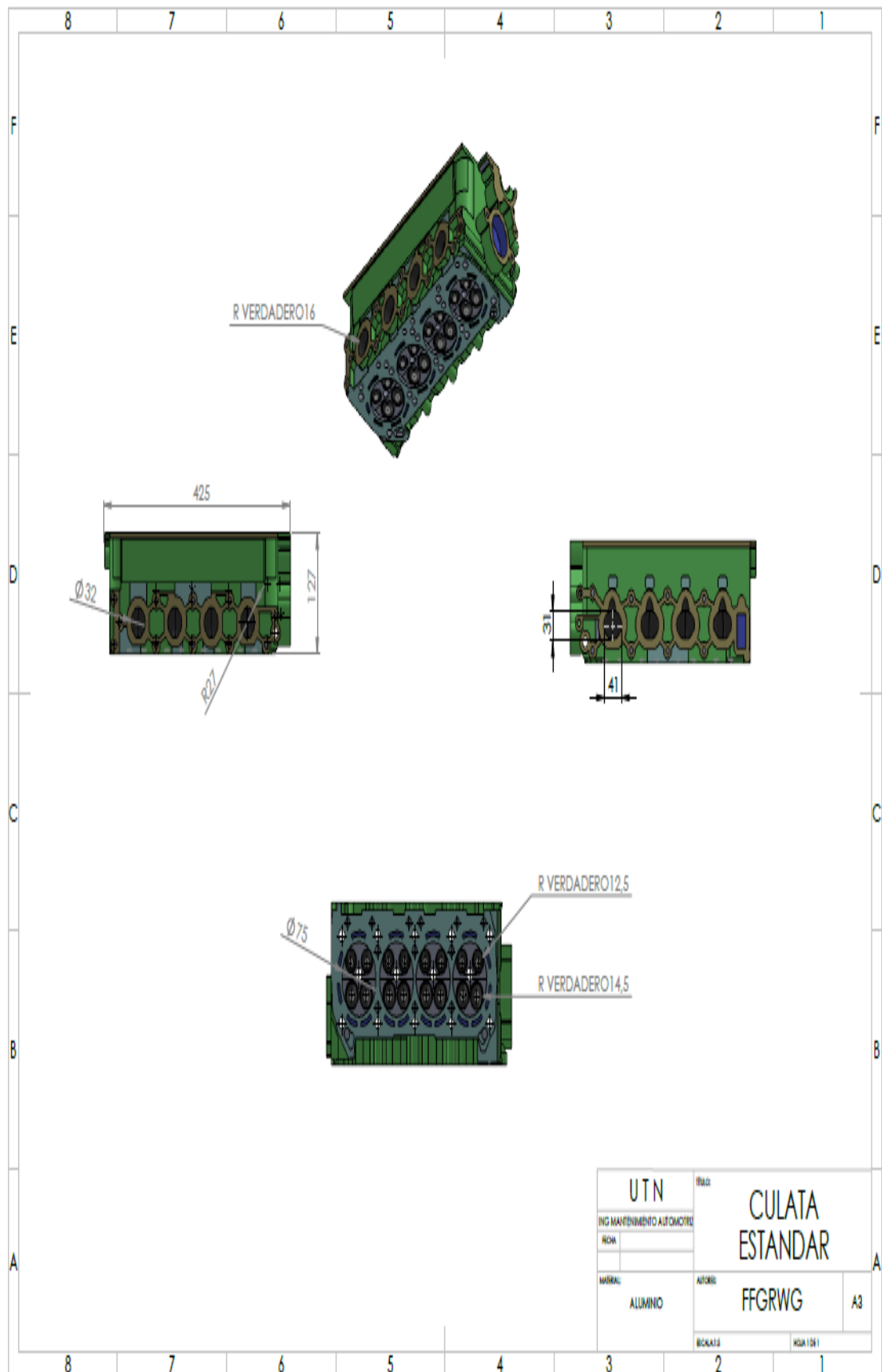
Garcia, D. (2012). *Construcción de un instrumento de medida de flujo de aire para la preparación de cabezotes*. Quito.

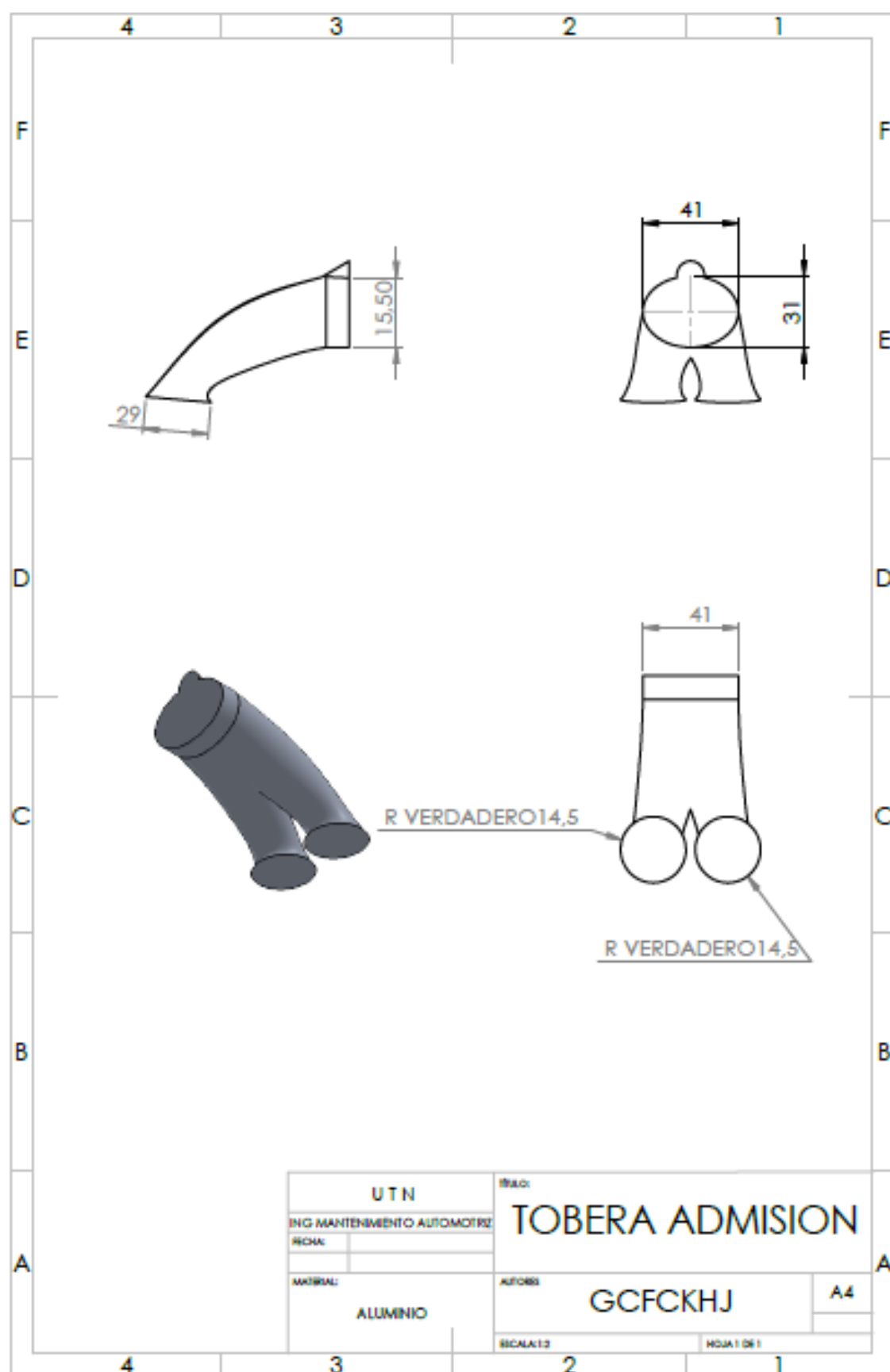
Gillieri, S. (2007). *Preparación de motores de serie para competición*. Barcelona: CEAC.

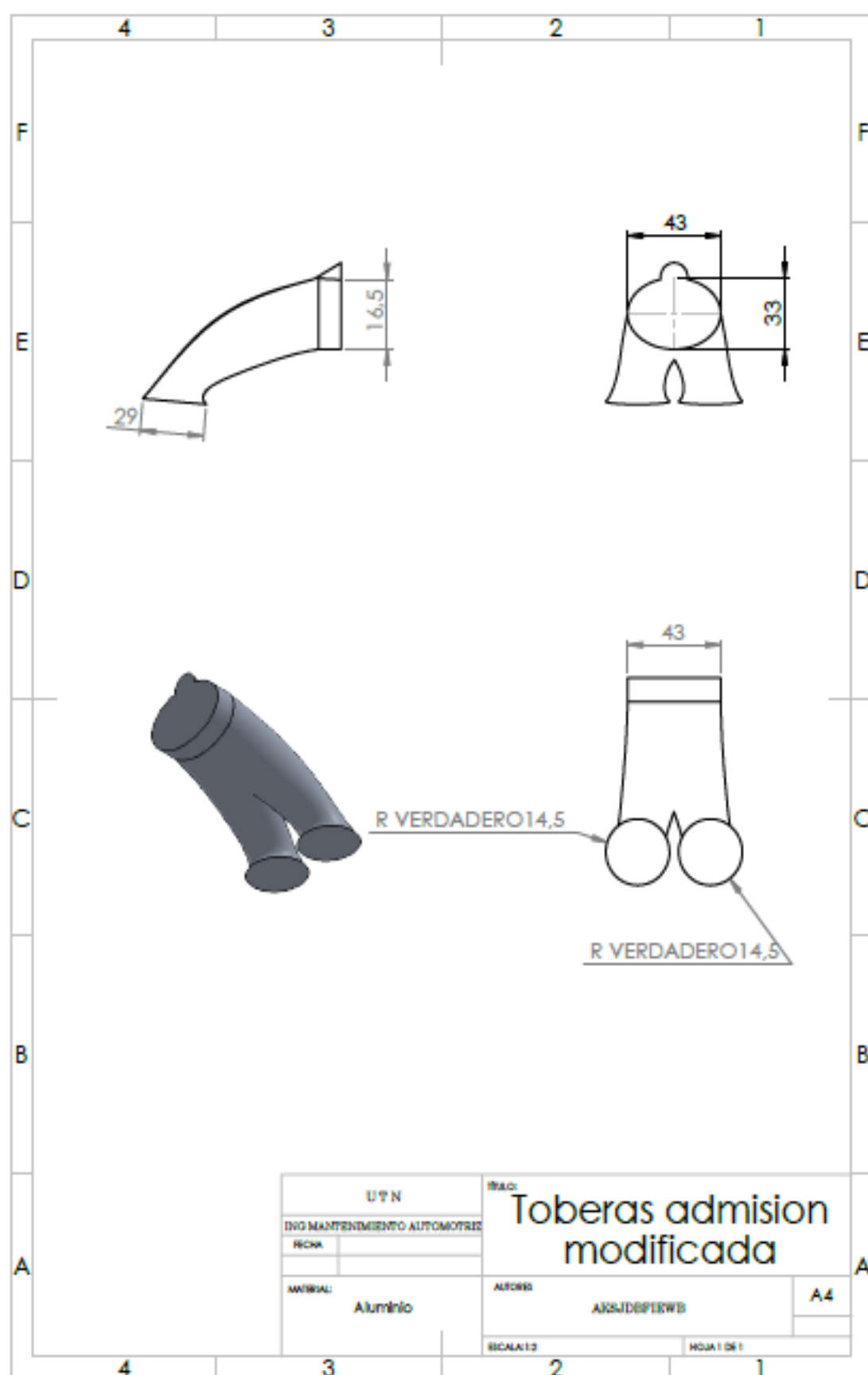
GmbH, R. B. (2002). *Gestión del motor de gasolina - Fundamentos y componentes*. Madrid: Paraninfo.

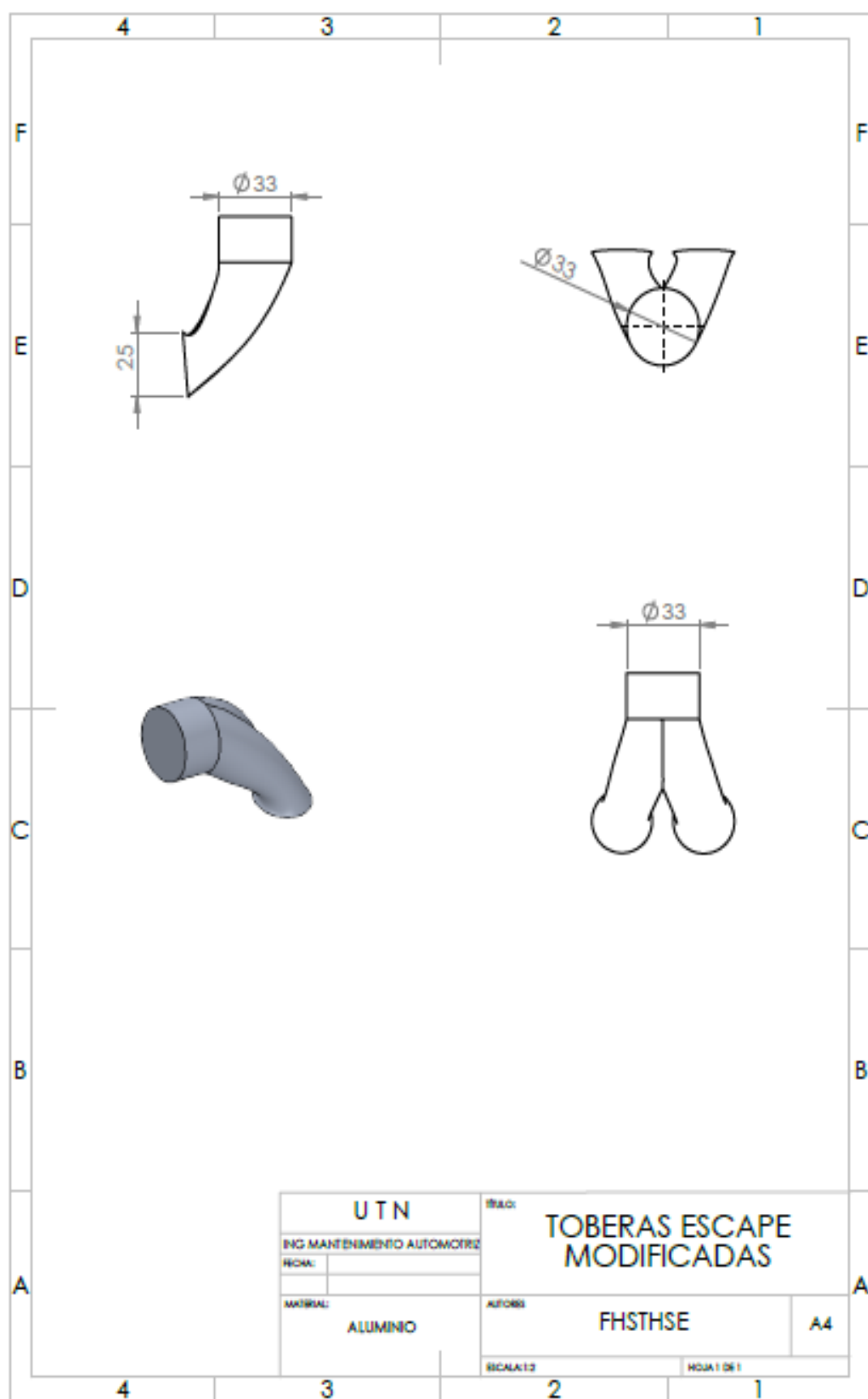
- Gutiérrez, M. S. (2012). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos*. Málaga: Ic editorial.
- Juan Luis Gonzáles, G. C. (2014). *Fundamentos de mecánica de fluidos*. España: ECU - Editorial Club Universidad.
- Lluis Jutglar, M. G. (2014). *Termotecnia*. México: alfaomega.
- Martínez, D. H. (2012). *Manual Práctico del Automóvil*. Madrid: Cultural, S.A.
- Matsson, J. E. (2014). *SolidWorks Flow Simulation*. United States of America: SDC Publications.
- Mott, R. L. (2012). *Mecánica de fluidos aplicada* . México: Prentice Hall.
- Perez, J. M. (2004). *Técnicas del Automóvil*. España - Madrid: Thomson Paraninfo.
- Ramirez Cifuentes, J. S. (2013). *Elaboración de material didáctico en un motor de combustión interna de 4 tiempos en corte con caja de cambios*. Quito: Universidad Tecnica del Norte.
- Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex, S, A.
- Saquiceda, D. (2016). *Diseño y construcción de un flujometro digital para la medición de elementos de circulación de gases en motores de combustión interna alternativos*. Cuenca.
- Serrano, E. C. (2003). *Preparación de motores de competencia*. Quito - Ecuador: Ediciones America.
- Tran, P. (2016). *SolidWorks 2016 Advanced Techniques*. United States of America: SDC Publications.
- Vicente, M. d. (2003). *Trucaje de motores de cuatro tiempo*. Argentina: Fullware.
- Vidal, C. R., & Maroño, J. L. (2015). *Diseño Mecánico Con SolidWorks* . Madrid : Ediciones de la U.

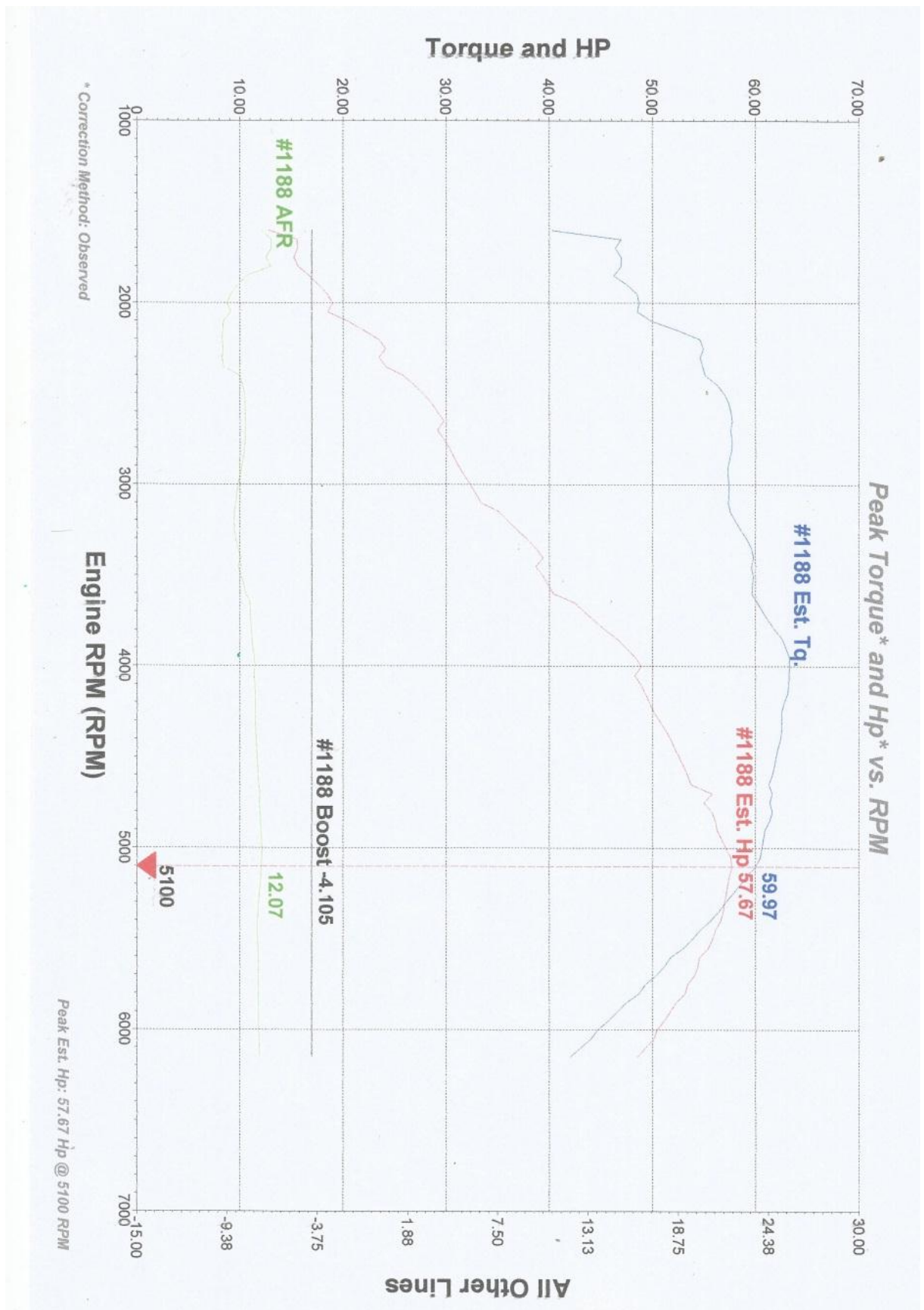
ANEXOS











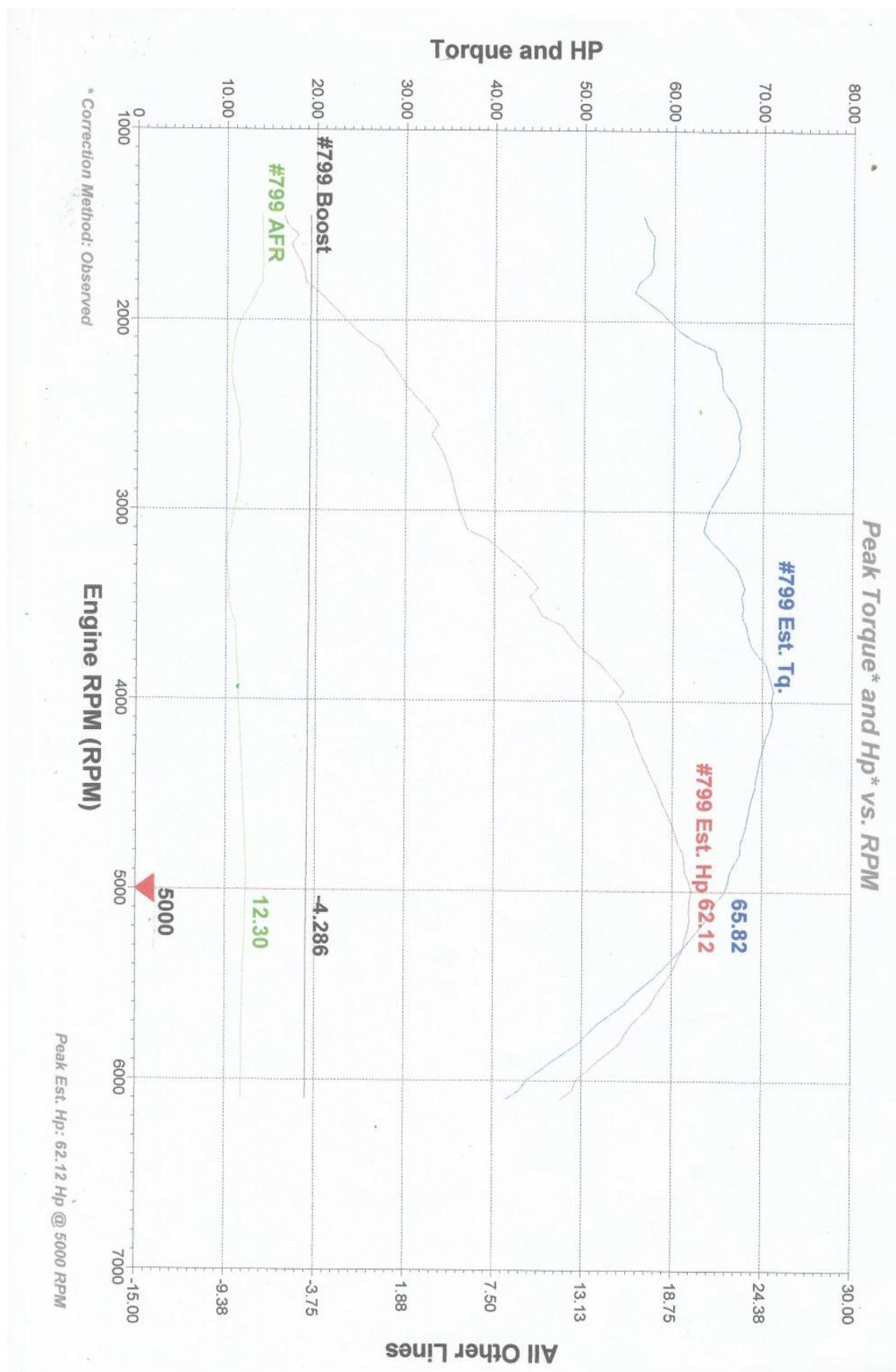
Dinamyca Competicion
Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
Quito-ECuador
Phone : 59322411805

DYNOMite Test Run: Michael lopez #1188 on 2016-10-29 @ 10-53-16

Date: 10/29/2016

Correction Method: Observed

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1600	12.79	-4,106	12.04	40.25
1700	15.58	-4,106	13.04	48.38
1800	15.64	-4,106	12.96	46.92
1900	17.59	-4,105	9.787	47.51
2000	19.00	-4,105	8.743	48.68
2100	20.42	-4,106	8.394	49.87
2200	23.40	-4,105	8,232	54.59
2300	23.47	-4,105	8,243	54.61
2400	25.78	-4,105	9.894	55.11
2500	27.71	-4,105	10.40	56.93
2600	29.14	-4,105	10.52	57.58
2700	29.14	-4,105	10.51	57.55
2800	30.29	-4,105	10.43	57.68
2900	31.17	-4,105	10.15	57.30
3000	32.32	-4,105	9.799	57.40
3100	33.36	-4,105	9.574	57.33
3200	35.97	-4,105	9.426	58.02
3300	37.82	-4,105	9.569	59.18
3400	38.37	-4,105	10.06	59.80
3500	39.34	-4,105	10.06	59.76
3600	40.40	-4,105	10.56	59.65
3700	43.43	-4,105	11.01	60.72
3800	45.45	-4,105	11.09	61.69
3900	47.43	-4,105	11.25	62.94
4000	48.90	-4,105	11.44	63.27
4100	48.85	-4,105	11.44	63.21
4200	49.68	-4,105	11.49	62.75
4300	50.69	-4,105	11.51	62.53
4400	51.78	-4,105	11.57	62.42
4500	52.57	-4,105	11.66	61.96
4600	53.41	-4,105	11.67	61.58
4700	55.76	-4,105	11.94	61.60
4800	55.75	-4,105	11.94	61.60
4900	56.26	-4,105	12.03	60.90
5000	57.12	-4,105	12.11	60.58
5100	57.87	-4,105	12.07	59.97
5200	57.29	-4,105	11.96	58.44
5300	56.98	-4,105	11.80	57.04
5400	56.58	-4,105	11.69	55.01
5500	55.80	-4,105	11.69	53.86
5600	54.54	-4,105	11.78	51.72
5700	54.04	-4,106	11.81	50.36
5800	53.14	-4,105	11.81	48.67
5900	51.67	-4,105	11.81	46.54
6000	50.41	-4,105	11.81	44.66
6100	49.30	-4,105	11.88	42.97



Dinamyca Competicion
Pasaje Godoy E152 E Isaac Albeniz
Quito-ECuador
Phone : 59322411805

DYNomite Test Run: Michael lopez #799 on 2017-24-02 @ 19-31-05

Date: 02/24/2017

Correction Method: Observed

RPM (RPM)	Est. Hp (Hp)	Boost (PSI)	AFR (A/F)	Est. Tq. (ft-lb)
1500	16.75	-4.133	13.92	56.94
1600	17.15	-4.119	13.93	57.64
1700	18.25	-4.120	13.99	57.66
1800	18.76	-4.125	13.89	55.98
1900	21.25	-4.133	12.85	57.02
2000	23.35	-4.135	11.57	59.53
2100	25.59	-4.136	10.88	62.15
2200	27.93	-4.140	10.60	64.74
2300	29.47	-4.145	10.54	65.35
2400	31.06	-4.149	10.95	66.08
2500	32.88	-4.156	11.37	67.22
2600	32.89	-4.156	11.35	67.22
2700	34.19	-4.161	11.51	67.27
2800	34.94	-4.165	11.45	66.30
2900	35.47	-4.169	11.23	65.02
3000	36.06	-4.170	10.88	63.91
3100	36.95	-4.173	10.50	63.37
3200	40.47	-4.180	10.03	65.15
3300	42.99	-4.188	10.05	67.12
3400	44.86	-4.195	10.40	67.98
3500	44.74	-4.194	10.40	67.80
3600	47.56	-4.205	11.03	68.15
3700	49.25	-4.213	11.13	68.69
3800	51.80	-4.221	11.23	70.38
3900	53.62	-4.231	11.38	70.98
4000	53.81	-4.231	11.38	70.96
4100	55.02	-4.235	11.52	71.04
4200	55.73	-4.237	11.64	70.26
4300	56.64	-4.239	11.74	69.75
4400	57.60	-4.243	11.84	69.33
4500	58.53	-4.249	11.94	68.89
4600	59.46	-4.256	12.06	68.45
4700	60.30	-4.263	12.17	67.94
4800	61.20	-4.270	12.25	67.53
4900	61.41	-4.279	12.32	66.38
5000	62.12	-4.286	12.30	65.82
5100	61.88	-4.293	12.26	64.30
5200	61.70	-4.300	12.21	62.90
5300	61.18	-4.304	12.12	61.20
5400	60.24	-4.304	11.99	59.17
5500	58.91	-4.304	11.96	56.84
5600	57.60	-4.304	11.93	54.59
5700	55.50	-4.304	11.87	51.71
5800	54.20	-4.299	11.86	49.64
5900	51.59	-4.301	11.85	46.48
6000	49.31	-4.301	11.84	43.70
6100	47.52	-4.300	11.84	41.44